

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



СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

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

15–19 апреля 2013 г.

В трех томах

Том 2

Издательство
Томского политехнического университета
2013

УДК 62.001.001.5(063)
ББК 30.1л.0
С56

С56 **Современные техника и технологии:** сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3 т. Т. 2 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 485 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

Сидорова О.В., эксперт ЦНК УМАД НУ ТПУ
Зенин Б.С., к.ф.-м.н., доцент кафедры ММС ИФВТ ТПУ, председатель секции № 6
Рудницкий В.А., к.т.н., доцент кафедры ИКСУ ИК ТПУ, сопредседатель секции № 7
Силушкин С.В., к.т.н., доцент кафедры КИСМ ИК ТПУ, компьютерная верстка сборника

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

СЕКЦИЯ 6

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ВЛИЯНИЕ МЕХАНОАКТИВАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПОРШКОВОЙ СМЕСИ НА ПАРАМЕТРЫ СВС ПРИ СИНТЕЗЕ ПОРИСТЫХ ПРОНИЦАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Александрова Л.С., Коломеец М.А., Яковлев В.И.

Научный руководитель: Ситников А.А., д.т.н., профессор
АлтГТУ им. Ползунова, 656038, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: milka.alex@inbox.ru

Развитие современной техники требует создания новых конструкционных, в том числе пористых материалов, способных работать в условиях высоких температур, механических нагрузок, агрессивных средах и т.д. Одним из методов получения пористых проницаемых керамических и металлокерамических материалов является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Пористые проницаемые материалы, изготовленные методом СВС обладают следующими достоинствами: высокой механической прочностью, химической и термической стойкостью, простым и экономичным способом изготовления, хорошей воспроизводимостью таких свойств как проницаемость и средний размер пор, стабильностью параметров по фильтрации. Однако продукты, получаемые в результате проведения СВС-синтеза в порошковых смесях насыпной плотности, часто имеют извилистую, тупиковую пористость, вследствие чего ресурс работы фильтрующих элементов из СВС-материалов заметно уменьшается. Согласно результатам, полученным в работах авторов структура СВС-пористых материалов зависит от целого ряда факторов, среди которых основное значение имеют состав и структура шихты, параметры синтеза, объёмная скорость выделения примесных газов и наличие жидкой фазы в волне горения [1,2]. Существенным образом на проведение СВС в порошковых смесях оказывает механоактивационная обработка компонентов в планетарных шаровых мельницах. Варьируя параметры предварительной механоактивационной обработки порошковых смесей можно регулировать пористость, прочность и другие характеристики образующихся пористых проницаемых материалов, что может являться одной из задач управления свойствами при получении СВС материалов для фильтрации.

Для этого, например, в работах [3,4] использовалось введение в порошковые смеси некоторых газифицирующихся при проведении СВС реакции добавок органического происхождения. При реализации синтеза в активированных смесях, необходимо учитывать режимы предварительной механоактивационной обработки, прежде всего времени активации при заданном значении энергонапряженности мельницы. Поэтому были проведены

исследования изменения морфологии, микроструктуры и фазового состава образцов системы $3Ni + Al$ в зависимости от продолжительности процесса предварительной активации на мельнице АГО-2 с помощью сканирующей электронной микроскопии и рентгеновской дифрактометрии. Согласно данным сканирующей электронной микроскопии на самых ранних стадиях активации (до 30с) наблюдается внедрение более твердых частиц никеля в алюминий, что сопровождается разрушением оксидной пленки на частицах Al. После 30 сек. МА происходит образование очень больших заготовок будущих механокомпозитов, но они еще являются довольно рыхлыми агломератами. Образование механокомпозитов, в которых интенсивной пластической деформации подвергаются уже оба компонента реакционной смеси, начинается при 40 с активации. После 90 сек. МА наблюдается образование композитов с уже довольно плотной поверхностью (рисунок 1а). После 120с формируются механокомпозиты, имеющие пластинчатое или слоистое строение (рисунок 1б).

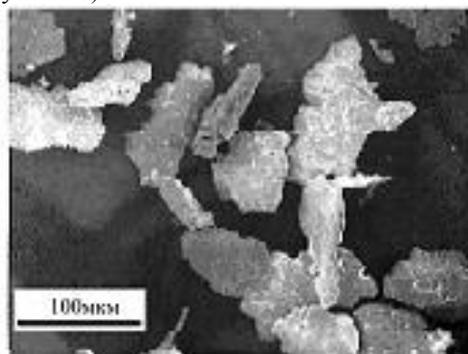


Рисунок 1. Фотографии структуры порошковой смеси при времени активации 90с (а) и 120с (б).

Как паказвае обзор літаратурных даных існуюць толькі якасныя прадставленні аб механізме фарміравання структуры порістых СВС матэрыялаў. У кожным канкрэтным выпадку для атрымання порістых матэрыялаў з заданай праніцаемасцю, памерамі пор, хімічнай, механічнай і тэрмічнай стойкасцю трэба правесці цыкл эксперыментальных даследаванняў па падбору рэцэптуры шыхты, тэмпературы, скорасці ахалоджэння, механічнай апрацоўкі і т.д.

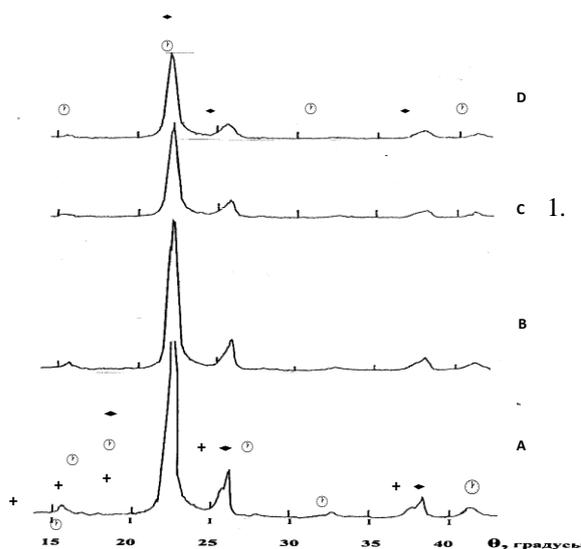


Рис.2.Рентгенограммы порошковой смеси при изменении времени активации, ускорение 40 g

- A) порошки $3\text{Ni} + \text{Al}$ -механоактивация 60 с.
- B) те же порошки -механоактивация 120 с.
- C) те же порошки- механоактивация 300 с.
- D) те же порошки- механоактивация 600 с.

◆ – Ni; ● - NiAl; + - Ni₃Al.

В процессе анализа термограмм разогрева, микроструктуры и состава продуктов смеси в предварительно механически активированной смеси $3\text{Ni} + \text{Al}$ выявлено, что устойчивый режим синтеза, характеризуемый одностадийным превращением при формировании продукта состава Ni₃Al, реализуется после 120с активации при энергонапряженности активатора 40g.

В качестве некоторых выводов по синтезу механоактивированных порошковых смесей состава $3\text{Ni} + \text{Al}$ для применения в качестве пористых проницаемых материалов определено, что:

1. При использовании активированных компонентов порошковой смеси состава $3\text{Ni}-\text{Al}$, увеличивается скорость фронта СВС-горения на 12% от скорости горения неактивированных компонентов в насыпном виде.
2. Установлено, что использование активированных компонентов $3\text{Ni}-\text{Al}$ для получения пористых материалов методом СВС увеличивает прочность образцов в среднем на 10%-40% по сравнению с неактивированными и без изменений их структурных характеристик, таких как: плотность и пористость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Атрощенко, Э.С. Разработка научных основ формирования структуры и свойств композиционных материалов / Э.С. Атрощенко, Е.А. Розен, Н.В. Голованова // Материаловедение. - 1998. - № 6. - С. 26-30.
2. Батаев, А.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение: Учебник / А.А. Батаев, В.А. Батаев. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. - 384 с.
3. Евстигнеев, В.В. Интегральные технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза / В.В. Евстигнеев, Б.М. Вольпе, И.В. Милокова, Г.В. Сайгутин. - М.: Высшая школа, 1996. - 274 с.
4. Евстигнеев, В.В. Изучение некоторых свойств материала СВС-фильтров. / В.В. Евстигнеев, В.Н. Краснов, Н.П. Тубалов, О.А. Лебедева, Г.Ю. Филиппов / Сб. научн. тр. АлтГТУ им. И. И. Ползунова: «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез: материалы и технологии». - Новосибирск: Наука, 2001. - С. 40-43.

НОВЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НА ОСНОВЕ МЕТОДА САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА, ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗОВ ДИЗЕЛЕЙ ОТ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

Александрова Л.С., Медведев Г.В.

Научный руководитель: Новоселов А.Л., д.т.н., профессор
АлтГТУ им. Ползунова, 656038, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
E-mail: milka.alex@inbox.ru

Получение новых композиционных материалов с каталитическими свойствами связано с развитием технологических процессов нового уровня, важной чертой которых является ограниченное количество операция, обеспечивающих полный переход исходных материалов в целевой продукт с их глубоким переделом, при котором происходят радикальные изменения структуры и свойств материалов [1].

На основе метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) разработана новая энергосберегающая технология изготовления пористых проницаемых каталитических материалов для очистки отработавших газов промышленных предприятий и транспорта. Таким образом, решена одна из главных задач исследования процессов СВ - синтеза – получение композиционных интерметаллидных соединений заданного состава и свойств [2].

Для каждой СВС - композиции существует определенный интервал концентрационного состава компонентов, при котором возможно проведение реакции в режиме горения.

Проблема подбора состава шихты для получения композитных пористых проницаемых каталитических материалов заключается в следующем. Во-первых, подбор состава шихты связан с обеспечением режима горения. Во-вторых, состав шихты, ее гранулометрические данные исходных компонентов должны обеспечивать получение прочной «скелетной» структуры материала с заданными физическими и физико-механическими характеристиками. В-третьих, состав шихты должен обеспечивать присутствие элементов с каталитическими свойствами. В-четвертых, компоненты шихты должны быть доступны и дешевы. В-пятых, достижение необходимых характеристик и свойств новых материалов связано с особенностью технологических режимов их получения.

Миллиарды тонн промышленных твердых отходов с предприятий черной и цветной металлургии, содержащие ценные элементы в своем составе скопились в России, начиная с конца XVII века. Из них всего 15-30 % подвергается рециклингу. Основная часть твердых отходов хранится в отвалах, шламовых полях.

Большой интерес представляют вторичные продукты процессов добычи и обогащения руды,

железосодержащие отходы (пыль, шлам, окалины, в то время как отходы могут применяться для повторной переработки и извлечения из них руд черных, цветных, драгоценных и редкоземельных металлов, для получения легированных железных и других порошков).

При работе металлургических агрегатов образуется большое количество дисперсной пыли, состоящей из оксидов металлов и неметаллов. Она может улавливаться газоочистными сооружениями и затем либо подается в шламонакопитель, либо направляется на последующую переработку (в основном как компонент агломерационной шихты). Довольно часто применяется мокрая газоочистка, тогда вместо пыли отходом является шлам.

По содержанию железа шламы классифицируются на:

1. Богатые (55-67% Fe), – пыль и шлам газоочисток мартеновских печей и конвертеров;
2. Относительно богатые (40-55% Fe), – шламы и пыли аглодоменного производства;
3. Бедные (30-40% Fe), – шлам и пыль газоочисток электросталеплавильного производства.

Согласно химическому составу шлаки цветной металлургии могут быть условно объединены в три группы:

1. Шлаки никелевых заводов и часть шлаков медных заводов, отличающихся малым содержанием цветных металлов и железа;
2. Медные шлаки, отличающиеся значительным содержанием железа, малым содержанием меди и наличием $\leq 5\%$ Zn и Pb;
3. Оловянные, свинцовые и часть медных шлаков, отличающихся значительным содержанием Zn, Pb и Sn.

В металлообрабатывающих производствах машиностроительных предприятий в огромном количестве в качестве отходов производства присутствует стружка, получаемая в процессе обработки металлов резанием. При ковке и горячей штамповке деталей, в также в результате термообработки возникает большое количество отходов, представляющих собой оксиды металлов: железа, меди и других. Порошкообразные отходы черных металлов получают в процессе обработки литья в голтовочных барабанах и дробеметных камерах [3].

В результате применения на машиностроительных предприятиях технологий

травления металлов растворами кислот и щелочей образуется значительное количество порошкообразных материалов: меди, хрома, железа и других [2].

Твердые отходы в машиностроении образуются в процессе производства продукции в виде стружки, опилок, окалины, облоя, высечки и других и составляют до 26 % на точку металла. Основными источниками образования отходов легированных сталей является металлообработка – 84 %.

Безвозвратные потери металла в машиностроении на 1 млн. тонн потребляемых черных металлов составляет: при обдирке, шлифовке, распиловке и других видах обработки 5,4 тыс. тонн; горячей штамповке и термической обработке (потери от окалины) – 2,1 тыс. тонн.

По данным А.В. Михайлова [4] количество отходов промышленного производства по Алтайскому краю представлено в таблице 1.

Таблица 1 - Количество отходов промышленного производства по Алтайскому краю

Класс опасности	Отходы промышленного производства, тыс. тонн/год
1 класс	0,2
2 класс	9,8
3 класс	395,5
4 класс	3499,6
5 класс	555,1
Итого	4460,2

Возможности СВС - технологии позволяют перерабатывать твердые отходы промышленности в изделия для решения многих экологических задач. На предприятиях машиностроения образуется большое количество порошкообразных отходов различных металлов: меди, хрома, железа и их оксидов. Количество порошковых отходов, например, на предприятии станкостроения может достигать 12-15 тонн в год.

Качество очистки отработавших газов дизелей от вредных веществ в зависимости от содержания в составе каталитических блоков нейтрализаторов отдельных компонентов рассмотрено в работах целого ряда отечественных и зарубежных ученых в том числе В.Э. Борзых, В.И. Верещагина, В.В. Евстигнеева, Н.П. Тубалова, О.А. Лебедева, А.А. Жуйковой. Влиянию же оксида железа (Fe_2O_3) в составе пористых проницаемых каталитических СВС - блоков нейтрализаторов на качество очистки отработавших газов дизелей практически не уделено должного внимания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Батаев, А.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение: Учебник / А.А. Батаев, В.А. Батаев. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. - 384 с.
2. Абдрахимов В.З. Использование отходов цветной металлургии в производстве керамических материалов / В.З. Абдрахимов, Е.С. Абдрахимова, Н.С. Агадюнов, В.П. Долгий // Огнеупоры и техническая керамика. - 2005. - № 12. - С. 35-39.
3. Бразовский, В.В. Получение материалов восстановлением из отходов машиностроения с применением высокотемпературного синтеза / В.В. Бразовский, Г.М. Кашкаров, О.А. Лебедева, Н.П. Тубалов // Известия ТПУ. - 2008. - Т. 313. - № 3. - С. 104-106.
4. Михайлов, А.В. Пути снижения негативного воздействия отходов сельского хозяйства на окружающую природную среду // Актуальные проблемы производственной и экологической безопасности: сб. трудов. - Барнаул: 2011, С. 106-109.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФАЗОВОГО СОСТАВА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ СИСТЕМЫ $ZrO_2 - MgO$

Ануфриев А.О., Романенко К.Н.

Научный руководитель: Буякова С.П. д.т.н., профессор; Промахов В.В. к.т.н.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: vvpromakhov@mail.ru.

Высокотехнологичные керамические материалы на основе нанокристаллических оксидов металлов широко применяются практически во всех отраслях промышленности за счет уникального сочетания свойств. В частности, материалы на основе ZrO_2 характеризуются высокой прочностью и вязкости разрушения, стойкостью к воздействию агрессивных химических сред, низкой теплопроводностью, особыми электрофизическими свойствами. Существенное увеличение вязкости разрушения, прочности и сопротивления термическому удару этих материалов достигнуто за счет реализации фазового перехода мартенситного типа ZrO_2 тетрагональной модификации ($T-ZrO_2$) в моноклинную ($M-ZrO_2$).

Согласно имеющимся литературным данным [1, 2], система $ZrO_2 - MgO$, полученная методом термического разложения жидкофазных прекурсоров в низкотемпературной плазме позволяет получать стабильную мелкокристаллическую структуру керамики и сохранять высокотемпературные модификации ZrO_2 при комнатной температуре. Несмотря на интерес исследователей к такой системе, большинство работ в этом направлении ограничивается анализом керамики доэвтектоидного и эвтектоидного состава. Однако плазмохимический метод позволяет синтезировать порошки с неравновесной структурой в широком соотношении содержания оксида – стабилизатора. Это даёт возможность получать керамику не только доэвтектоидного и эвтектоидного, но и заэвтектоидных составов. Такие материалы мало изучены и представляют интерес за счёт возможности формирования в них композитной структуры.

Целью данных исследований явилось изучение структуры и фазового состава керамических композиционных материалов на основе системы $ZrO_2 - MgO$.

В качестве объекта для исследований использовалась керамика системы $ZrO_2 - MgO$ с соотношением компонентов: 91.4 мольн. % ZrO_2 + 8.6 мольн. % MgO (доэвтектоидный состав); 86.1 мольн. % ZrO_2 + 13.9 мольн. % MgO (эвтектоидный состав); 74.6 мольн. % ZrO_2 + 25.4 мольн. % MgO , 65 мольн. % ZrO_2 + 35 мольн. % MgO , 56.7 мольн. % ZrO_2 + 43.3 мольн. % MgO (заэвтектоидные составы).

Спекание образцов осуществлялось на воздухе в течение часа при температуре 1650 °С. Нагрев производился со скоростью 300 °С/час, охлаждение от температуры спекания до 1000 °С со скоростью 160 °С/час и далее до комнатной температуры со скоростью 50 °С/час.

Структура керамики исследовалась посредством оптической и растровой электронной микроскопии. Фазовый состав образцов анализировался по рентгеновским дифрактограммам, полученным при CuK_{α} излучении. Количественное содержание фаз диоксида циркония рассчитывалось по соотношению интегральных интенсивностей линий кубической, тетрагональной и моноклинной фаз [3]. Размер областей когерентного рассеяния (ОКР) и микродисторсии кристаллической решетки в образцах рассчитывался из дифракционных максимумов на малых и больших углах дифракции соответственно [4].

На рисунке 1 представлены рентгеновские дифрактограммы керамики системы $ZrO_2 - MgO$ с разным соотношением компонентов. На дифрактограммах керамики доэвтектоидного состава присутствовали рефлексы диоксида циркония, находящегося в высокотемпературных кубической и тетрагональной модификациях, а также низкотемпературной – моноклинной. Помимо этого, чётко различимы рефлексы, принадлежащие цирконату магния $Mg_2Zr_5O_{12}$, именуемого в литературе δ - фазой [5]. Фазовый состав керамики эвтектоидного состава был представлен только высокотемпературной кубической модификацией ZrO_2 . На дифрактограммах керамик заэвтектоидных составов помимо рефлексов ZrO_2 и δ - фазы, наблюдались дифракционные максимумы, соответствующие MgO .

Установлено, что доля кубической модификации в керамике доэвтектоидного состава составила в среднем 75%. В керамике эвтектоидного состава присутствовала только кубическая фаза ZrO_2 . В образцах заэвтектоидных составов доля кубической модификации диоксида циркония не превышала 50 %.

Расчёты средних размеров областей когерентного рассеяния рентгеновских лучей (ОКР) показали, что образцы, отличавшиеся количеством оксида магния в твёрдом растворе, а,

соответственно, и содержанием кубической фазы ZrO_2 , практически не отличались по размеру ОКР M - фазы ZrO_2 . Для образцов всех составов размер ОКР этой фазы находились в пределах 30-40 нм. Большая величина ОКР K - ZrO_2 – 80 нм зафиксирована в образцах ZrO_2 (13.9 мольн. % MgO). С уменьшением

содержания кубической модификации ZrO_2 в образцах, происходило уменьшение размеров её кристаллитов. Размеры ОКР оксида магния уменьшались с уменьшением количества K - ZrO_2 в образцах.

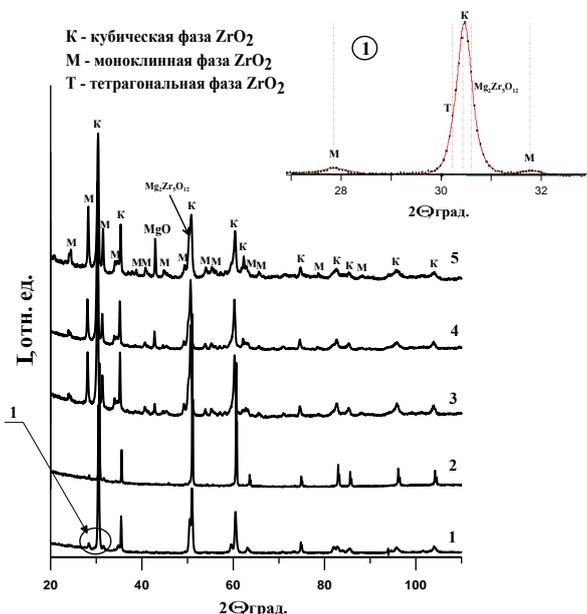


Рисунок 1. Рентгенограммы образцов керамики системы $ZrO_2 - MgO$:
1- ZrO_2 (8.6 мольн.% MgO); 2 - ZrO_2 (13.9 мольн.% MgO); 3 - ZrO_2 (25.4 мольн.% MgO);
4 - ZrO_2 (35 мольн. % MgO); 5 - ZrO_2 (43.3 мольн. % MgO).

Анализ структуры полученной керамики показал, что пористость всех исследуемых составов не превышает 5-7%. Выявлено, что в структуре керамик доэвтектидного состава чётко различимы линзовидные зёрна тетрагональной фазы ZrO_2 . Средний размер дисперсных частиц тетрагональной модификации ZrO_2 составил 600 нм.

Сопоставление долей диоксида циркония и оксида магния по фотоснимкам свидетельствуют об увеличении количества оксида магния, вышедшего из твердого раствора ZrO_2-MgO , с увеличением его в системе ZrO_2-MgO . Доля

оксида магния в образцах заэвтектидных составов рассчитанная по снимкам, увеличилась от 14 до 22%. Размер зерен оксида магния в заэвтектидных составах оставался одинаковым с увеличением его содержания в системе ZrO_2-MgO и не превышал 1.5 мкм. Установлено, что в керамиках доэвтектидного и эвтектидного составов средний размер зёрен ZrO_2 составил 9.5 и 10 мкм соответственно. В керамиках заэвтектидных составов с увеличением количества оксида магния в системе происходило уменьшение среднего размера зерна ZrO_2 от 5. мкм до 3 мкм.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов: РФФИ 12-08-33099 мол_а_вед, 11.519.11.2020 госзаказ «Наука».

Список использованных источников

1. Буюкова С.П. Структура, фазовый состав и закономерности формирования пористых наносистем на основе ZrO_2 : Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук, Томск, 2008. 311 с.
2. Robertson G.T. Engineering applications of transformation-toughened magnesia partially stabilised zirconia / Brit. Ceram. Proc., 1990. № 46. P. 151 – 156.
3. Garvie R.C. Nicholson H.S. Phase Analyses in Zirconia System. / J. Am. Ceram. Soc. - 1972.- Vol.55.- N. 6.- P. 303-305
4. Я. С. Уманский, Ю. А. Скаков, А.Н. Иванов и др. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М.: Металлургия, 1982. – 632с.
5. R.H.J. Hannink Microstructural development of sub-eutectoid aged $MgO - ZrO_2$ alloys / Journal of materials science. 1983. № 18. P. 457 – 470.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕНОСТЕКЛА КАК ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

¹Базарова Ж.Б., Опаренков Ю.В.

Научный руководитель: Казьмина О.В., д.т.н, профессор

¹Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

²Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634021, Россия, г. Томск, Соляная 2
E-mail: zhargunia@mail.ru

В современном мире с его высокоразвитой техносферой уровень шумовых потоков растет с каждым днем все больше и больше. Городской шум негативно влияет на организм человека. Снизить его воздействие можно, улучшив звукоизоляцию помещений, в котором находится человек. Для устройства надежной звукоизоляции нужно использовать современные высокоэффективные акустические материалы [1].

К известным тепло- и звукоизоляционным материалам с пористой (ячеистой) структурой относится пеностекло. По своему происхождению, оно является неорганическим материалом. Изготавливается из стекла, которое образует застывшую пенистую массу с ячеистой структурой. Этот материал обладает теплопроводностью до 0,06-0,008 Вт/мК и пределом прочности на сжатие 1 Мпа.

Пеностекло обычно получают по порошковому методу. В этом случае порошок стекла и газообразователя измельчают и перемешивают в мельнице. В качестве газообразователя при производстве теплоизоляционного пеностекла применяют углеродсодержащие материалы, такие как антрацит, кокс, ламповую сажу, древесный уголь. При производстве звукоизоляционного пеностекла используют карбонатное сырье, например, мрамор, известняк. Количество добавляемых газообразователей в среднем составляет от 0,5 до 2 % [2].

Пеностекло безопасно для окружающей среды и практически не подвержено старению, т.е. не меняет своих свойств с течением времени. Также сохраняет все свойства обычного стекла: стойкость к агрессивным средам, негорючесть, не разрушается микроорганизмами и грибами. Это один из немногих теплоизоляционных материалов, который отличается высокой огнестойкостью и применяется для утепления АЭС. Пеностекло легче газобетона и превосходит его по теплоизоляционным свойствам. Кроме того, пеностекло хорошо обрабатывается режущим инструментом, сверлится, клеится и штукатурится. Недостатком пеностекла является достаточно высокая цена по сравнению с пенопластом и минеральной ватой.

Целью настоящей работы являлось исследование акустических свойств пеностекла. В качестве объекта исследования было выбрано пеностекло с закрытыми порами размерами 0,5 – 1 мм.

Измерения параметров шума осуществляли с помощью прибора – измерителя шума Шумомер ОКТАВА-101 АМ, предназначенный для измерений звука, воздействующего на человека на производстве, в транспорте, в жилых и

общественных зданиях и т.д. Шумомер также может использоваться для измерения шумовых характеристик машин, измерения звукоизоляции, определения звуковой мощности, аттестации помещений. Диапазон измерений 16 - 146 дБ, класс точности 1 (по ГОСТ 17187-81, МЭК 61672-1), уровни звукового давления в октавах 2 Гц – 16 Гц и в третьоктавах 1,6 Гц – 20 Гц. Рабочие условия эксплуатации прибора: диапазон рабочих температур от минус 10 С до плюс 50 С; относительная влажность до 90% при 40 С; атмосферное давление от 86 КПа до 108 КПа. Внешний вид прибора представлен на рис. 1.



Рис. 1. Измеритель шума Шумомер Октава-101 АМ

Источником звука служили широкополосные акустические колонки типа GENIUS SP-E200 с частотным диапазоном 20-20000 Гц. В качестве лабораторного генератора сигнала применяли звуковую карту компьютера. Для моделирования сигналов использовали компьютерную программу генератора звуковых частот с разными формами выходного сигнала: генератор синусоиды, генератор белого шума, генератор прямоугольных импульсов, генератор треугольных импульсов, генератор пилообразного напряжения или генератор пилы. Внешний интерфейс программы представлен на рис. 2.



Рис. 2. Программа генератора звуковых частот

Частота полезного выходного сигнала может быть плавно изменена от 1 до 22,05 кГц с дискретностью 1 Гц и 10 Гц. При этом имеются три независимых ручки изменения частоты: 1кГц, 100 Гц и 1 Гц. Цифровой генератор звуковой частоты

даёт возможность плавной регулировки уровня амплитуды сигнала практически от 0 до 100 мВ.

В данной работе для определения акустических свойств материала использовали изменение уровней звукового давления акустических экранов выполненных из пеностекла. При взаимодействии звуковых волн с материалом энергия волны разделяется на три составляющих: отражение, поглощение, прохождение. Исследуемый материал имеет закрытые поры, составляющая «прохождение» минимальна для любых размеров образцов. Составляющая на поглощение идет на нагревание материала и может быть косвенно зафиксирована по изменению температуры материала. Составляющая на отражение может быть частично зафиксирована как сбоку, так и за экраном, потому что длина волны звука много больше размеров образца. Поэтому в настоящей работе оценивали эффективность акустической экранировки с помощью измерения акустического давления шумомером Октава-101 АМ за образцом.

Для расчета эффективности использовали выражение.

$$\mathcal{E}_i = (L_i - L_{i,3}) / L_i$$

L_i – уровень звукового давления, измеренный для i -й октавной полосы частот, до применения звукоизоляции, $L_{i,3}$ – уровень звукового давления, измеренный для той же полосы частот при использовании звукоизоляционного материала.

Уровень звукового давления L , определялся как

$$L = 20 \lg (P/P_0)$$

P - значение звукового давления в данной точке звукового поля; $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па – звуковое давление, соответствующее порогу слышимости.

Для человеческого уха диапазон частот 1000 – 8000 Гц является наиболее вредным [3, 4].

На рисунке 3 представлена гистограмма эффективности звукоизолирующего экрана из пеностекла в зависимости от частоты звука.

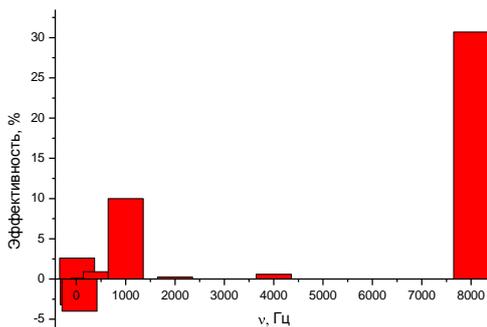


Рис. 3 Гистограмма эффективности звукоизолирующего экрана из пеностекла в зависимости от частоты звука

Гистограмма имеет бимодальный вид с двумя максимумами на 1000 и 8000 Гц, и одним минимумом на 63 Гц. Отметим, что этот минимум наблюдается при частоте 31,5 Гц. Такое распределение свидетельствует о неоднородном взаимодействии (диссипации) звуковых волн разной частоты с пеностеклом. Низкочастотные сигналы

обладают большой длиной волны и, по-видимому, хорошо огибают препятствие в виде акустического экрана. Напротив, высокочастотные сигналы с меньшей длиной волны частично не доходят до микрофона измерительного прибора. Это происходит, вероятно, из-за развитых закрытых пор на поверхности материала, создающих сложный рельеф, частично гасящий проходящую волну и больший путь для ее прохождения.

Из данных рис. 3 видно, что наибольшей эффективностью пеностекло обладает на низких и высоких частотах.

Для более полного понимания механизмов взаимодействия звуковых волн с пеностеклом необходимо знание об изменении эффективности акустической экранировки от уровня акустического давления. Для этого строили зависимость эффективности от звукового давления, определенного шумомером. На рис. 4 показана эта зависимость. Она носит экспоненциальный характер и свидетельствует о невосприимчивости материала к высоким уровням звукового давления. Отметим, что порог болевого ощущения (120-130 дБ) находится на этой кривой как раз в области стабильности.

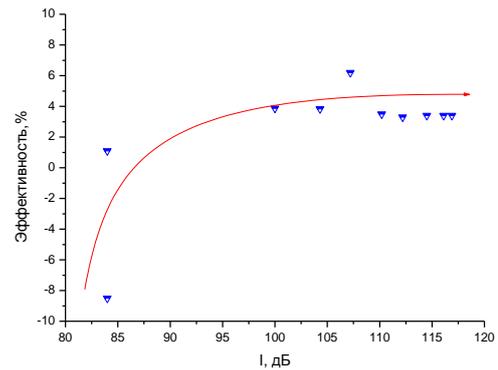


Рис. 4. Зависимость эффективности акустической экранировки от уровня акустического давления для пеностекла

Установлено, что пеностекло, традиционно считавшееся теплоизоляционным материалом, обладает хорошими акустическими характеристиками на высоких частотах и высоких уровнях акустического давления. Таким образом, данный материал можно использовать в качестве тепло- и акустико-изоляционного на производствах, где работают механизмы с высоким уровнем звукового давления и частот.

Список литературы

- ГОСТ 23499–2009. Материалы и изделия звукоизоляционные звукопоглощающие строительные.
- Демидович Б.К. Пеностекло. Минск: Изд-во «Наука и техника», 1975. – 249 с.
- СанПин 2.1.2.1002-00 «Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям».
- СниП 23-03-2003 «Защита от шума».

ВЛИЯНИЯ ВОДОРОДА НА ПРОЧНОСТЬ ГРАНИЦ НАКЛОНА $\Sigma 5(310)$ В ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВАХ ТИТАНА

Бакулин А.В., Кульков С.С.

Научный руководитель: Кулькова С.Е., д.ф.-м.н., профессор

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4

E-mail: bakulin@ispms.tsc.ru

Поведение водорода в металлах является предметом интенсивного исследования, как экспериментаторов, так и теоретиков на протяжении всего последнего столетия [1]. Известно, что даже в небольших концентрациях водород сильно влияет на механические свойства переходных металлов и их сплавов из-за их охрупчивания вследствие сорбции водорода, поскольку он является естественным элементом окружающей среды, что существенно ограничивает область их технологического применения. Для понимания поведения водорода в металлах и сплавах, а также его влияния на прочностные свойства необходимо принимать во внимание реальную поликристаллическую структуру материалов. Одним из наиболее важных внутренних интерфейсов в кристаллах являются границы зерен, которые могут быть причиной ухудшения механических свойств материалов [2].

Расчет атомной и электронной структуры симметричных границ зерен $TiMe$ $\Sigma 5(310)$ и свободной поверхности $TiMe(310)$ проводился методом в рамках теории функционала электронной плотности с обобщенным градиентным приближением для обменно-корреляционного функционала [3], реализованным программным кодом VASP [4]. Расчетная ячейка $B2 TiMe$ сплава содержала 40 атомов и две идентичные границы раздела $\Sigma 5(310)$. Поверхность $TiMe(310)$ моделировалась 11-слойными симметричными пленками, разделенными промежутком вакуума $\sim 10 \text{ \AA}$. В случае границ зерен допускалось изменение, как формы кристалла, так и положений атомов, тогда как при расчетах поверхности положения атомов трех центральных слоев фиксировались в объемных позициях. Положения остальных атомов оптимизировались до достижения сил 0.025 эВ/\AA . Интегрирование по зоне Бриллюэна проводилось по сетке $4 \times 9 \times 2$ для границ раздела $\Sigma 5(310)$ и $4 \times 9 \times 1$ для поверхности (310). Энергия сорбции (абсорбции или адсорбции) рассчитывались по формуле:

$$E_{\text{abs/ads}} = -\frac{1}{2}(E_{\text{H-TiMe}} - E_{\text{TiMe}} - E_{\text{H}_2}),$$

где $E_{\text{H-TiMe}}$ — полная энергия сплава с сорбированным водородом, E_{TiMe} — полная энергия сплава с границей зерен или свободной поверхностью, а E_{H_2} — энергия молекулы водорода. Поскольку использовалась модель с двумя границами раздела, то множитель $1/2$ перед скобкой учитывает этот факт.

На границе раздела $\Sigma 5(310)$ в $B2 TiMe$ сплавах имеется два типа пустот, отличающихся элементарным составом, показанных треугольниками на рисунке 1а, в которых рассматривалась абсорбция водорода. Так в искаженной октаэдрической H1-позиции преобладает титан, а в H3-позиции в окружении водорода находится преимущественно металл. В двух других позициях ближайшими соседями водорода являются атомы металла (H2) или атомы титана (H4). Однако вблизи данных позиций находятся также четыре атома титана или металла, расположенных в соседних плоскостях.

Рассчитанные значения энергии абсорбции водорода (E_{abs}) в четырех позициях на границе зерен $TiMe \Sigma 5(310)$ приведены в таблице 1. Видно, что значения E_{abs} для изученной серии сплавов на границе зерен в H1, H2 позициях практически одинаковые. Наблюдается слабая зависимость данной величины от второго компонента сплава. В то же время сорбция водорода в H3-позиции, обогащенной металлом, менее предпочтительна для всех сплавов за исключением TiFe, для которого наименее предпочтительной является H4-позиция. Кроме того, наибольшая энергия абсорбции водорода на границе зерен в сплаве TiFe соответствует H1-позиции, тогда как для других сплавов это H2-позиция.

Анализ длин связей между водородом и компонентами сплавов показывает, что в случае абсорбции в H1-позиции в сплаве TiFe водород располагается гораздо ближе к атомам Fe (1.16 \AA), чем Ti (2.01 \AA). В H2-позиции длины связей Fe-H

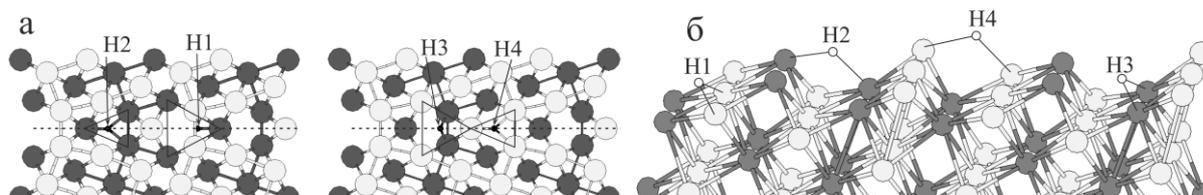


Рис.1. Атомная структура границы раздела $\Sigma 5(310)$ (а) и свободной поверхности (310) (б) сплавов $TiMe$ с указанием мест сорбции водорода. Атомы Ti показаны светлыми шариками, атомы Me — темными. Пунктиром показана плоскость границы раздела.

Таблица 1. Энергии сорбции водорода на граница зерен $\Sigma 5(310)$ и поверхности (310) сплавов $TiMe$ и изменение работы Гриффитса при абсорбции водорода

Позиция	$E_{abs}, \text{эВ}$				$E_{ads}, \text{эВ}$			
	TiFe	TiCo	TiNi	TiPd	TiFe	TiCo	TiNi	TiPd
H1	0.32	0.31	0.35	0.31	0.91	0.72	0.64	0.58
H2	0.30	0.36	0.37	0.33	0.80	0.57	0.43	0.25
H3	0.28	0.10	0.08	0.04	0.72	0.46	0.35	0.09
H4	0.06	0.32	0.35	0.31	0.37	0.73	0.66	0.76
	$d(H-Me) (d(H-Ti)), \text{Å}$				$d(H-Me) (d(H-Ti)), \text{Å}$			
H1	1.61 (2.10)	1.73 (1.99)	1.73 (1.97)	1.89 (1.99)	1.62 (2.01)	1.72 (2.02)	1.70 (2.01)	1.73 (1.97)
H2	1.76-1.77 (2.46)	1.73 (2.08)	1.69-2.25 (2.06)	1.84-2.02 (2.06)	1.66-1.77 (2.21)	1.67-1.82 (2.12)	1.68-1.77 (2.09)	1.70-2.24 (2.18)
H3	1.89 (2.07)	1.89 (2.10)	1.94 (2.16)	1.90 (2.04)	1.80 (2.13)	1.76 (2.15)	1.74 (2.15)	1.94 (2.15)
H4	2.72 (1.72-1.74)	2.82-3.09 (1.77)	2.75 (1.75-1.78)	2.75 (1.75-1.78)	3.13 (1.90-1.91)	3.14 (1.88-1.89)	3.09 (1.86)	3.23 (1.86-1.87)

равны 1.76-1.77 Å, что хорошо согласуется с длиной связи в объемном Fe [5], однако при этом дополнительно возрастает расстояние до ближайших атомов Ti. Это может объяснить предпочтительность H1-позиции для TiFe, по сравнению с H2, поскольку для других сплавов длина связи H-Ti в H2 значительно меньше, что позволяет водороду взаимодействовать сразу с двумя компонентами сплавов.

На ступенчатой (310) поверхности $TiMe$ водород помещался в позиции, аналогичные позициям на границе зерен (рисунок 1б). Из таблицы 2 видно, что энергия адсорбции (E_{ads}) на поверхности выше, чем E_{abs} на границе зерен. Отметим, что для сплава TiFe тенденции в изменении энергии сорбции сохраняются, тогда как для остальных сплавов наиболее предпочтительной позицией становится H4, в которой водород находится водород находится между двух атомов Ti. При этом, E_{ads} в H1-позиции, в которой водород связывается с двумя атомами титана и одним атомом металла, лишь незначительно ниже. Необходимо подчеркнуть, что на поверхности для водорода существует больше возможных позиций сорбции, чем на границах зерен, и, кроме того, водороду в целом энергетически предпочтительнее находиться на свободной поверхности, поэтому его аккумуляция на границах зерен может способствовать хрупкому разрушению материалов. Характеристикой, напрямую связанной с прочностью материала является работа Гриффитса (E_{GW}), которая равна энергии, необходимой для разделения материала по границе зерна.

Чтобы продемонстрировать влияние сорбции водорода на прочностные свойства материалов была проведена оценка изменения работы Гриффитса при наводороживании. Работа Гриффитса определяется как

$$E_{GW} = 2E_{FS} - E_{GB},$$

где E_{FS} и E_{GB} - поверхностная и зернограничная энергии, соответственно.

Таблица 2. Изменение работы Гриффитса вследствие абсорбции водорода в H1-позиции.

$TiMe$	TiFe	TiCo	TiNi	TiPd
$\Delta E_{GW}^H, \text{Дж/м}^2$	-0.30	-0.23	-0.17	-0.14

В присутствии водорода E_{GW}^H рассчитывалась по формуле:

$$E_{GW}^H = E_{FS} + E_{FS}^H - E_{GB}^H.$$

Изменение работы Гриффитса (ΔE_{GW}^H) может быть вычислено двумя способами, в том числе через изменения поверхностной и зернограничной энергий:

$$\Delta E_{GW}^H = E_{GW}^H - E_{GW} = \Delta E_{FS}^H - \Delta E_{GB}^H.$$

В таблице 2 приведено изменение работы Гриффитса вследствие абсорбции водорода для всех рассмотренных сплавов на примере H1-позиции. Видно, что в присутствии водорода происходит уменьшение работы Гриффитса для всех изученных сплавов, однако с увеличением числа d-электронов второго компонента сплава это изменение становится меньше. Подобная тенденция выявлена для всех позиций сорбции. Необходимо заметить, что водород сильнее влияет на поверхностную энергию сплавов, чем на зернограничную. Отрицательное значение изменения работы Гриффитса свидетельствует о понижении прочности границы наклона $\Sigma 5(310)$ в сплавах $TiMe$, где $Me = Fe, Co, Ni, Pd$ и означает, что процесс зернограничного разрушения сплавов в присутствии водорода на границе зерна идет легче.

Список литературы

1. Алефельд Г., Фелькль И. Водород в металлах. – М.: Мир, 1981. – 2 т.
2. Rice J.R., Wang J.S. Embrittlement of interfaces by solute segregation // Mater. Sci. Eng. A. – 1989. – V. 107. – P. 23–40.
3. Perdew J.P., Wang Y. Accurate and simple analytic representation of the electron-gas correlation energy // Phys. Rev. B. – 1992. – V. 45. – P. 13244–13249.
4. Kresse G., Hafner J. Ab initio molecular dynamics for liquid metals // Phys. Rev. B. – 1993. – V. 47. – P.

КОНТРОЛИРОВАНИЕ ПЕРЕГРЕВА ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЕЙ

Болгова В. А.

Научный руководитель: Леонов А.П., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

Email: vero_nika.veda@sibmail.com

Качество изоляции кабельного изделия определяет надежность самого кабеля, а также электрооборудования, систем энергообеспечения и других систем, в состав которых входят кабельные изделия. Значительное количество отказов электрооборудования происходит из-за скрытых дефектов и ослаблений изоляции, возникающих на стадии производства, а также в результате воздействия перегревов. Перегревы могут быть как внутренними – электрические нагрузки, так и внешними – открытые источники тепла, огня. Их появление носит случайный характер.

В процессе эксплуатации кабель может нагреваться не только от тока номинальной нагрузки, но и от тока короткого замыкания при повреждении какого либо элемента в сети, а также в результате токовой перегрузки.

Токовая перегрузка - это аварийный пожароопасный режим, при котором по элементу электросети проходит ток, превышающий номинальное значение, на которое рассчитан данный провод или кабель. При длительной работе в таких условиях происходит перегрев проводников или токопроводящих деталей, постепенное разрушение их изоляции со значительным снижением ее изоляционных свойств. Так, при температуре нагрева проводников выше 65°C изоляция проводов высыхает и с течением некоторого времени теряет свою эластичность, в ней появляются трещины, приводящие к заметному снижению сопротивления изолирующего покрова жил и появлению токов утечки. При более высоких перегрузках за сравнительно короткое время могут произойти размягчение и деформация изоляционных покрытов и даже металла жил проводов и токоведущих деталей. Как правило, после разрушения изоляции возникает короткое замыкание с характерными для него пожароопасными факторами [1].

В связи с этим важно иметь возможность оценить состояние изоляции, обнаружить места локальных перегревов, а значит своевременно заменить поврежденный кабель или провод, что позволит предотвратить отказ всего оборудования.

Для контроля температуры существует множество датчиков, построенных с использованием различных физических законов. Если рассматривать датчики температуры для промышленного применения, то можно выделить их основные классы: кремниевые датчики температуры, биметаллические датчики,

жидкостные и газовые термометры, термоиндикаторы, термисторы, термопары, термометры сопротивления, инфракрасные датчики температуры. Каждый из них обладает рядом уникальных свойств, позволяющих наилучшим образом решить задачу по измерению температуры. Измерение температур нагрева оболочек кабелей или окружающей среды может производиться с помощью термопар, термосопротивлений или термометров, однако такие термодатчики не пригодны, когда необходимо определить температуру не в отдельной точке, а ее распределение по поверхности для установления участков с большим градиентом температуры [2]. Измерение температуры электрических кабелей также производится посредством волоконно-оптических датчиков, позволяющих осуществлять температурный мониторинг кабельной линии. Недостатком данного метода является его высокая стоимость и сложности реализации. Термоиндикаторы нашли широкое применение для исследования тепловых процессов. Метод индикации температуры с помощью термочувствительных покрытий подкупает простотой, рентабельностью и широтой возможностей при измерениях. Используя этот метод для контроля состояния изоляции можно обеспечить наглядность перегретых участков. Термоиндикаторами называются вещества, изменяющие свой внешний вид при определенной температуре. Существует три основных типа термоиндикаторов:

а) термохимические композиции, изменяющие цвет при определенной температуре, называемой критической или температурой перехода;

б) композиции, плавящиеся при определенной температуре;

в) люминесцирующие композиции, яркость или цвет свечения которых зависит от температуры.

К первому типу относятся специальные покрытия, включающие термочувствительные пигменты. Композиции могут быть изготовлены в виде порошка, краски, пасты, лака, карандаша или таблетки.

Ко второму типу относятся карандаши, лаки, таблетки и т. п., содержащие компоненты, при плавлении которых они становятся прозрачными.

К третьему типу относятся люминофоры, которые либо «гаснут» при определенной температуре, либо яркость и цвет их свечения строго зависят от температуры.

По своим физико-химическим превращениям термоиндикаторы подразделяются на три группы: обратимые, необратимые и квазиобратимые.

К обратимым относятся термоиндикаторы, которые изменяя цвет при нагревании до температуры перехода или выше ее, восстанавливают первоначальную окраску при понижении температуры ниже критической.

Необратимыми являются такие, в которых при нагревании происходят необратимые процессы (химические или физические), в результате чего первоначальный цвет после последующего охлаждения не восстанавливается.

Квазиобратимыми называют термоиндикаторы, которые, изменяя свой цвет при нагревании до температуры перехода или выше, восстанавливают его при последующем понижении температуры постепенно под действием влаги. Они могут применяться многократно.

Термоиндикаторы могут быть многопозиционными, то есть обладать несколькими цветовыми переходами при определенных уровнях температуры.

В таблице 1 указаны характеристики некоторых цветовых многопозиционных термоиндикаторных веществ зарубежного и отечественного производства [3].

Таблица 1. Характеристики термоиндикаторных веществ

Торговая или фирменная марка	Диапазон измеряемых температур	Число цветовых переходов
Термоиндикаторы зарубежного производства		
“Термоколор” (США)		
2830/30	62-217	3
2830/40	62-337	4
2830/41	62-337	4
Необратимые ТИ краски “Термопейнт” (Япония)		
Ni(CNS) ₂ (C ₂ H ₅ N) ₄	127-337	3
Термоиндикаторы отечественного производства		
Термокраски (Ленинград)		
ТХИ-1	70-725	8
ТХИ-1-М1	71-670	12
ТХИ-1-М2	95-725	7
ТХИ-46	50-920	8
ТХИ-46-2М	100-915	9
ТХИ-48	50-975	10
ТХИ-48-2М	100-960	11
ТХИ-53	120-420	6

Термоиндикаторные покрытия применяют для контроля тепловых режимов электро-, радио- и электронного оборудования, индикации нагрева

режущего инструмента, исследования поверхностных температурных полей летательных аппаратов, контроля и предупредительной сигнализации средств нагрева и охлаждения, в медицине для хранения и транспортировки медикаментов [4].

Температурный диапазон указанных в таблице 1 термоиндикаторов делает их перспективными для применения в изоляции кабелей с целью обнаружения мест перегрева. Для этого необходимо разработать конструкцию кабельного изделия с применением специальных пигментных добавок – термохимических индикаторов – в поверхностный слой изоляции или оболочки кабельного изделия в процессе экструзии внешнего слоя. В этом случае добавки должны соответствовать следующим требованиям:

- изменение цвета при нагреве в зависимости от заданной температуры,
- совместимость с основным изоляционным материалом (не изменяется рабочая температура, не ухудшаются механические и электрические свойства, химостойкость, не уменьшается срок службы),
- технологичность для существующего технологического процесса (не требуется специального оборудования),
- экологичность и относительная дешевизна.

Ожидаемые положительные эффекты:

- своевременная диагностика и замена кабельных изделий с перегретой изоляцией, т. е. предотвращение отказов (повышение надежности) кабельной линии и энергообеспечения,
- снижение потерь передаваемой мощности,
- снижение экономических потерь от вынужденного простоя,
- рост привлекательности и конкурентоспособности кабельных изделий без значительного удорожания выпускаемой продукции,

Данное предложение может быть полезным для широкой номенклатуры кабельных изделий с подобными свойствами.

Список литературы:

1. Токовая перегрузка [Электронный ресурс] // Промышленный портал Oborudka.Ru – URL: <http://www.oborudka.ru/favorit15/24.html> (дата обращения 17.02.13)
2. Датчики температуры. [Электронный ресурс] // Группа проектов КИПИИНО. Измерительные приборы, всё о КИП – URL: <http://kipinfo.ru/info/stati/?id=179> (дата обращения 17.02.13)
3. Абрамович Б. Г. Термоиндикаторы и их применение. М., «Энергия», 1972. 224 с. с ил.
4. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. – 448 с., ил.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ $ZrO_2(Y_2O_3) - TiC$, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ СВОБОДНОГО СПЕКАНИЯ В ВАКУУМЕ

Болтышева Д.С., Григорьев М.В., Кульков С.Н..

Научный руководитель: Григорьев М.В., к. т. н., м. н. с..

Национальный исследовательский Томский Государственный Университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, корп. 10.

E-mail: darya.boltysheva@yandex.ru

Одной из проблем, связанной с разработкой авиационных двигателей нового поколения, а также наземных энергетических газотурбинных установок нового поколения, нефте- и газоперекачивающих и транспортных систем и т.п., является увеличение их коэффициента полезного действия и снижение уровня выделения вредных выбросов. Возможным способом решения этой проблемы является увеличение рабочей температуры на входе в энергетическое преобразовательное устройство за счет использования новых термостойких композиционных материалов. Материалы нового поколения на основе конструкционной керамики позволят обеспечить температуру эксплуатации изделий до 2000 К.

Предметом интенсивных исследований в течение последних трех десятилетий является керамика на основе диоксида циркония стабилизированного оксидом иттрия, из-за ее высокой вязкости разрушения благодаря трансформационному упрочнению, которое происходит в керамике под действием механических напряжений и способствует рассеянию энергии в распространяющихся трещинах вплоть до полного торможения последних [1,2]. Однако при эксплуатации циркониевой керамики в условиях длительного воздействия высоких температур происходит ее растрескивание из-за сочетания двух свойств – низкой теплопроводности и высокого коэффициента теплового расширения [3]. Это явление значительно сдерживает применение керамических материалов на основе ZrO_2 как материала для ответственных деталей теплонагруженных конструкций.

Одним из путей решения данной проблемы может стать создание керамических композиционных материалов на основе диоксида циркония, упрочненного частицами высокомолекулярных соединений, например частицами карбида титана. Благодаря высокой твердости, низкой плотности, стойкости к окислению и высокой теплопроводности карбида титана, при введении его в матрицу ZrO_2 происходит сдерживание роста зерна и увеличение общей теплопроводности композита, что приводит в результате к значительному увеличению трещиностойкости и прочностных характеристик [5]. Однако, на сегодняшний день, керамические композиционные материалы на основе диоксида циркония дисперсно-упрочненного частицами карбида титана с

приемлемыми характеристиками удается получать в основном методом горячего прессования, что, безусловно, является очень энергозатратным методом и имеет ограничения по форме изделий [6]. Это существенным образом ограничивает области применения таких материалов.

В данной работе проведено исследование структуры и свойств $ZrO_2(Y_2O_3)$ композитов с различным содержанием TiC , полученных методом свободного спекания в вакууме высокодисперсных порошковых систем. В качестве исходных материалов были взяты высокодисперсные порошки диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия ($ZrO_2(Y)$), полученного методом обратного соосаждения, и карбида титана, полученного методом карбидизации диоксида титана.

Смеси получали двумя способами: раздельной (РМО) и совместной (СМО) механическими обработками. При раздельной механической обработке (РМО) порошок $ZrO_2(Y)$ обрабатывали в течение 25 часов, а порошок TiC обрабатывали в течение 100 часов, после чего порошки смешивались в нужных пропорциях. При совместной механической обработке (СМО) порошок TiC обрабатывали в течение 75 часов. Далее готовились смеси с исходным порошком $ZrO_2(Y)$ в нужных пропорциях и подвергались обработке в течении 25 часов.

Из полученных смесей получали образцы цилиндрической формы методом холодного прессования. Спекание образцов проводили в вакуумной печи типа СШВ - 1.2,5/25 И1 при температуре 1650°C и выдержке 1 час. Плотность образцов измеряли гидростатическим методом. Твердость по Викерсу измеряли на приборе «Duramin-5». Для анализа структуры полученных композитов, с образцов после спекания стачивалась грань на глубину порядка 3 мм перпендикулярно радиусу. Исследование структуры проводили на растровом электронном микроскопе «QUANTA 200 3D», для этого проводили предварительное термотравление шлифов в вакууме при температуре 1500°C.

Исследование образцов после спекания показали, что добавление 0,5 об.% TiC приводит к снижению плотности композитов относительно циркониевой керамики без добавок, однако добавка 1 и 5 об.% TiC изменяет ситуацию в обратную сторону и в композитах $ZrO_2(Y)-5\%TiC$ наблюдается максимальная плотность (Табл. 1). При этом стоит отметить, что раздельная

механическая обработка порошков $ZrO_2(Y)$ и TiC дает лучший результат, нежели совместная. Плотность образцов из порошков СМО не превышает плотности образцов из циркониевой керамики без добавок.

Расчёт пористости показал, что в образцах она варьируется в пределах от 1 до 4 % (Табл. 1) отметим, что в образцах $ZrO_2(Y)$ -5%TiC пористость составила ~1 %, а в циркониевой керамике без добавок ~2,5%.

Твердость в образцах растёт с увеличением содержания карбида титана в системе (Табл. 1). Образец $ZrO_2(Y)$ -5%TiC (РМО) обладает самой высокой твердостью - 12,5 ГПа. Следует отметить, что данное упрочнение возникает не только благодаря дисперсному упрочнению, но и в результате полиморфного превращения тетрагональной модификации диоксида циркония в моноклинную, под действием нагрузки.

Таблица 1. Механические параметры образцов после спекания в зависимости от содержания TiC и способа обработки смесей.

Содержание TiC, об. %	0	0,5	1	5
$\rho_{отн}$ (РМО)	0,97	0,96	0,97	0,98
$\rho_{отн}$ (СМО)	0,97	0,95	0,96	0,97
П (РМО), %	2,4	3,4	2,5	1,3
П (СМО), %	2,4	3,9	3,1	2,6
Hv (РМО), ГПа	11,5	11,3	12,2	12,5
Hv (СМО), ГПа	11,5	10,1	10,9	11,9

Исследование шлифованной поверхности образцов после термического травления показало, что структура циркониевой керамики без добавок представлена двумя типами зерен: мелкими порядка 1-2 мкм, и крупными порядка 5 мкм (Рис.1). Структура композитов $ZrO_2(Y)$ -TiC представлена на рис. 1б, на ней, так же как и в циркониевой керамике, без добавок, видны два вида зерен диоксида циркония и зерна карбида титана, размер которых варьируется от 1 до 15 мкм. Отличительной особенностью структуры керамических композитов $ZrO_2(Y)$ -TiC является образование кольцевой структуры из крупных зерен диоксида циркония вокруг включений карбида титана.

Установлено, что добавление 0,5 об. % TiC приводит к снижению плотности композитов относительно циркониевой керамики без добавок, однако добавка 1 и 5 об. % TiC увеличивает плотность. Показано, что раздельная механическая обработка порошков $ZrO_2(Y_2O_3)$ и TiC позволяет получить максимальную плотность образцов после спекания, нежели совместная. Пористость в образцах варьируется в пределах от 1 до 4 %. В образцах $ZrO_2(Y)$ -5%TiC пористость составила около 1 %, а в циркониевой керамике без добавок - 2,5%. Также показано, что благодаря предварительной механической активации

порошков стало возможно создание композиционных материалов $ZrO_2(Y)$ -TiC с пористостью около 1% и твердостью 12,5 ГПа методом свободного спекания в вакууме.

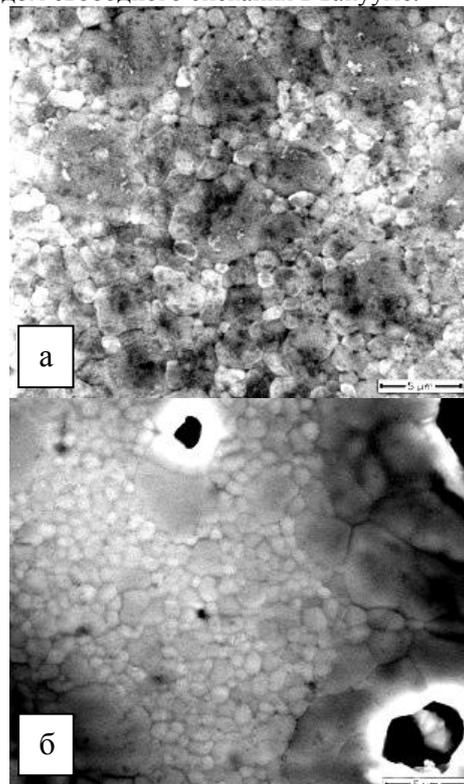


Рис. 1. Микроструктура керамики $ZrO_2(Y)$ (а) и композита $ZrO_2(Y)$ – 5об. %TiC (б), спеченных в вакууме при $T=1650^{\circ}C$ и выдержке 1 ч.

Литература:

1. M. McMeeking and A. G. Evans. Mechanics of Transformation-Toughening in Brittle Materials. J. Am. Ceram. Soc. - 65 [5]. – 1981. - 242-46.
2. Кульков С.Н., Буякова С.П.. Фазовый состав и особенности формирования структуры на основе стабилизированного диоксида циркония//Российские нанотехнологии. – 2007. Т.2., №1-2. – С. 119-132.
3. D. L. Porter and A. H. Heuer. Microstructural Development in MgO-Partially-Stabilized Zirconia (Mg-PSZ). - J. Am. Ceram. Soc. - 1979. - 62 [5-6]. - 298-305.
4. K. Okada and T. Sakuma. The Role of Zener's Pinning Effect on the Grain Growth in Al_2O_3 - ZrO_2 . - J. Ceram. Soc. Jpn., Int. Ed. - 1992. - 100[4]. - 382-386.
5. J. H. Jang and J. Lee. Microstructure and Mechanical Properties of Fine-Grained Magnesia-Partially-Stabilized Zirconia Containing Titanium Carbide Particles. - J. Am. Ceram. Soc. – 2000. - 83 [7]. - 1813-1815.
6. G. Zhan, T. Lai et. al. Microstructure and Mechanical Properties of yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystals containing dispersed TiC particles. - J. Mater. Sci. - 1996. - 31.-2903-2907.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ ПОРОШКА СВМПЭ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Бондаренко Я.А.

Научный руководитель: Панин С.В., д.т.н., доцент

¹Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634021, Россия, г.Томск, пр.Академический, 2/4
E-mail: bondarenkoyana@yandex.ru

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) – это разновидность полиэтилена, в котором длина молекулярной цепи ($-C_2H_2-$) превышает один миллион углеродных единиц. Благодаря его уникальным свойствам – высокому сопротивлению изнашиванию и высокой ударной вязкости, СВМПЭ все чаще используется в промышленности в узлах трения деталей машин и механизмов, а также в медицине. Изделия из СВМПЭ, помимо низкого коэффициента трения, химической стойкости и сохранения свойств при низких температурах должны обладать и высокой износостойкостью, что может быть достигнуто за счет его наполнения либо поверхностной модификации. Таким образом, поиск дальнейших путей повышения износостойкости СВМПЭ и композитов на его основе является актуальной научно-технической проблемой.

Распространенным способом повышения механических и триботехнических свойств полимеров является их облучение пучками заряженных частиц. Так при обработке полиэтилена электронным лучом возникает разрыв цепочки полимера, что может приводить к поперечной сшивке, и, как следствие, заметному увеличению его износостойкости.

Таким образом, актуальной проблемой научных исследований является поиск путей создания композиционных материалов на основе СВМПЭ с повышенными триботехническими характеристиками, путем облучения порошка СВМПЭ импульсным электронным пучком.

Целью настоящей работы является исследование влияния импульсного электронно-лучевого облучения исходного порошка СВМПЭ, на изменение структуры, механических и триботехнических свойств композиционных материалов на основе СВМПЭ и определение рациональной дозы облучения, обеспечивающих максимальное повышение износостойкости, при сохранении высоких механических характеристик.

В работе для получения объемных материалов на основе СВМПЭ был использован метод спекания под давлением (компрессионное спекание).

Метод компрессионного спекания получил наибольшее распространение для переработки СВМПЭ и является одним из основных. спекание порошкового полимера

производится при температуре 200°C, давление прессования – 10 МПа. Длительность процесса зависит от массы изделия и его формы. Получаемые полуфабрикаты в виде листов, пластин, блоков, цилиндров могут далее подвергаться механической обработке в изделия практически любых форм и видов для самых различных областей применения. За счет использования частиц определенного размера и контроля условий спекания можно задавать определенную пористость для различных областей применения материала: от различного рода фильтров до демпфирующих изделий.

Метод спекания под давлением обеспечивает более высокие плотность и механические свойства спрессованного материала.

Электронное облучение порошка производилось на импульсном электронно-лучевом стерилизаторе для термолabileльных порошковых и сыпучих материалов (Институт сильноточной электроники).

Далее представлены экспериментальные результаты исследований износостойкости, механических свойств и структуры СВМПЭ, подвергнутого облучению электронным пучком. Образцы СВМПЭ были подвергнуты облучению импульсным электронным пучком с энергией до 2.2 Мегаэлектровольт (МэВ), с частотой импульсов 50 Гц. Поглощенная доза излучения варьировалась от 10 до 300 кГр.

На рисунке 1 представлена диаграмма, характеризующая интенсивности изнашивания на стадии установившегося износа. Видно, что все облученные образцы имеют более высокую интенсивность изнашивания, чем чистый СВМПЭ, для которого она составляет 0.17 мм³/мин, в то время как у облученных образцов она меняется от 0.2 до 1,6 мм³/мин. Таким образом, облученный материал изнашивался быстрее, чем исходный.

Предположительно, это происходит по причине того, что полимер приобрел ламеллярную структуру, а также, в связи с его деструкцией.

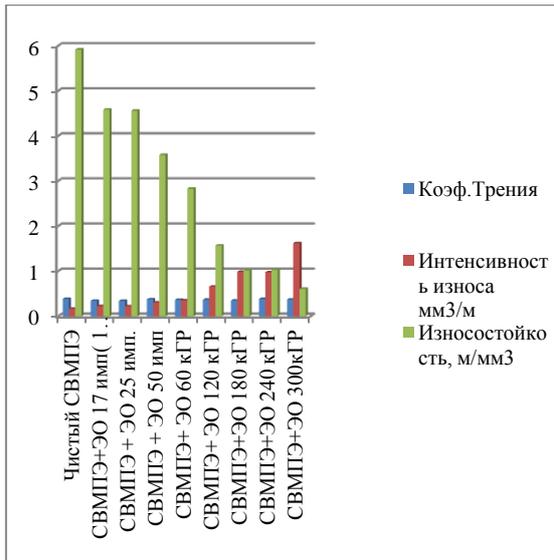


Рисунок 1 Интенсивность изнашивания СВМПЭ, облученного электронным пучком

При исследовании поверхностей трения образцов СВМПЭ без и после облучения электронным пучком. Видно, что из продуктов износа формируется пленка, расположенная на краю дорожки трения, там, где контртело выходит из контакта с образцом. Следует заметить, что пленка износа появилась в процессе испытания и ее формирование связано с деформационным механизмом изнашивания [2].

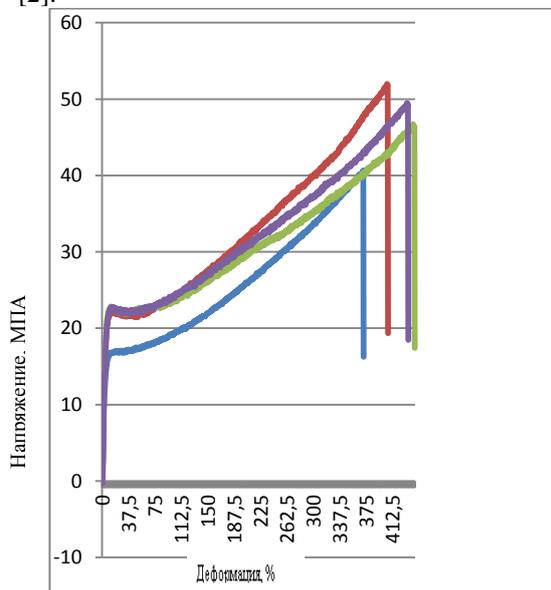


Рисунок 2 Диаграммы нагружения образцов СВМПЭ, подвергнутых электронно-лучевой обработке(малые дозы облучения), при испытании на растяжение

Испытания на растяжение показали, что с увеличением поглощенной дозы излучения прочность при растяжении образцов постепенно уменьшалась.

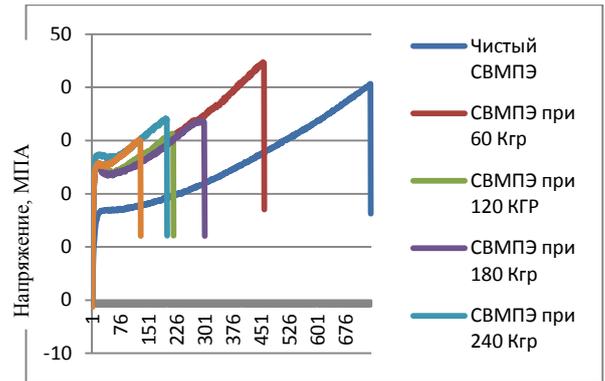


Рисунок 4 Диаграммы нагружения образцов СВМПЭ, подвергнутых электронно-лучевой обработке(высокие дозы облучения), при испытании на растяжение

На основе полученных экспериментальных данных и их анализа можно констатировать, что импульсное электронное облучение исходного порошка СВМПЭ небольшими дозами способно повышать механические характеристики, при этом облучение большими дозами значительно их снижает. Абразивная износостойкость снижается при всех режимах облучения. Твердость образцов меняется незначительно, и не может являться характерным признаком.

Для понимания причин наблюдаемых эффектов, необходимо дальнейшее исследование, в частности, структурные исследования – растровая электронная микроскопия, дифференциальная сканирующая калориметрия и ИК-спектроскопия.

Так же необходимы исследования в других режимах трения, в частности в режиме гладкого трения скольжения, всухую и в смазке.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука».

Литература

1. M. Slouf, H. Synkova, J. Baldrian, A. Marek, J. Kovarova, P. Schmidt, H. Dorschner, M. Stephan and U. Gohs. Structural changes of UHMWPE after e-beam irradiation and thermal treatment. J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater 85B (2008). P.240-251.
2. С.В. Панин, Л.А. Корниенко, Т. Пувадин, Л.А. Мержиевский, С.В. Шилько, М.А. Полтаранин, Л.Р. Иванова, М.В. Коробейников, Е.А. Штарклев. Трение и изнашивание сверхвысокомолекулярного полиэтилена, модифицированного высокоэнергетической обработкой поверхности электронным пучком. // Трение и смазка в машинах и механизмах, 2011, №12. С.125-131.
3. http://en.wikipedia.org/wiki/Ultra-high-molecular-weight_polyethylene (5 September 2010)

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА СУЛЬФАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Бугаева И.А.

Научный руководитель: Журавлев Ю.Н., д.ф.-м.н., профессор
Кемеровский государственный университет, 650043, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6
E-mail: inkas88@yandex.ru

Сульфаты щелочных металлов M_2SO_4 (M: Li, Na, K), а также их двойные соли $LiKSO_4$, $NaKSO_4$ обладают рядом уникальных электрических, оптических и механических свойств, что предполагает их интенсивное экспериментальное и теоретическое изучение. Прежде всего, это связано с исследованием многочисленных единичных или последовательных обратимых структурных переходов в пьезоэлектрические, сегнетоэлектрические и несоразмерные фазы [1].

Исследование электронных свойств сульфатов щелочных металлов проводится в рамках первопринципного метода линейных комбинаций атомных орбиталей, основанного на приближении Хартри-Фока и реализованного в комплексе программ CRYSTAL09. Использовалось градиентное приближение к обмену и корреляции в варианте, предложенном Perdew и Wang.

Сульфат лития представляет собой твердый электролит, обладает высокой ионной проводимостью, находит широкое применение в качестве разнообразных электрохимических датчиков, имеет моноклинную решетку с пространственной группой C_{2h}^5 и числом формульных единиц $Z=4$. Сульфат натрия в фазе III имеет ромбическую структуру с группой симметрии D_{2h}^{17} и $Z=2$. При комнатной температуре K_2SO_4 имеет орторомбическую решетку с пространственной группой симметрии D_{2h}^{16} и $Z=4$. При комнатной температуре сульфаты лития-калия и натрия-калия имеют гексагональную решетку с двумя формульными единицами и пространственными группами C_6^6 и C_{3v}^1 соответственно.

Зонная структура сульфатов в валентной области характеризуется чередованием относительно широких запрещенных и узких разрешенных зон анионной и катионной природы [2]. На рис. 1 представлена зонная структура сульфата натрия при 0 и 30 ГПа. Используются следующие обозначения симметричных точек зоны Бриллюэна (в ед. векторов обратной решетки): $X(1/2,0,0)$, $H(1/3,1/3,0)$, $F(1/3,1/3,1/2)$, $Z(0,0,1/2)$, $\Gamma(0,0,0)$, $R(1/2,0,1/2)$, $M(1/2,1/2,0)$, $L(1/2,1/2,1/2)$.

Две нижние валентные группы зон образованы $2s$ -состояниями кислорода и $3s$ -серы. В Li_2SO_4 , в валентной зоне которого металлические состояния практически отсутствуют максимумы плотности состояний, отвечающие этим зонам, приходится

на энергии -27.7 и -23.7 эВ. Вклад серы в состоянии двух нижних зон составляет 13%, а шести верхних 7%. Энергетическое положение этих зон слабо изменяется от кристалла к кристаллу. В соединениях с участием натрия на эту область накладываются его $2p$ -состояния. При этом, как следует из рис. 2, эти состояния расщепляются для неэквивалентных атомов натрия так, что энергетический зазор в сульфате натрия составляет 0.5 эВ, а сульфате натрия-калия – 1.2 эВ. Это является следствием неэквивалентного кристаллографического положения атомов и, прежде всего кислородным окружением.

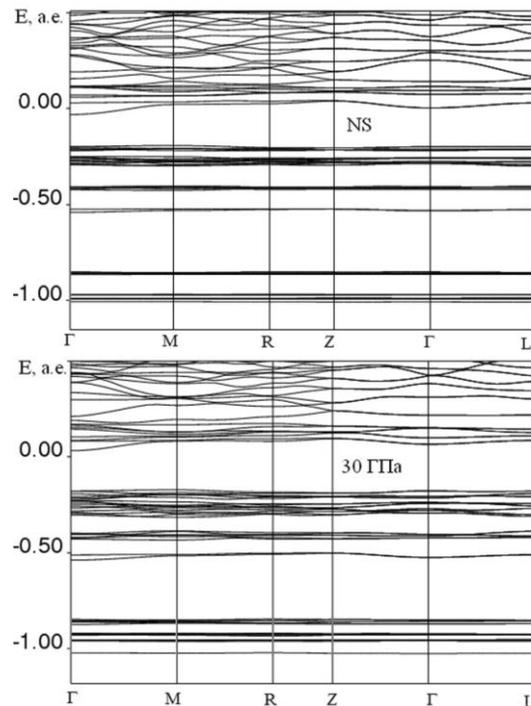


Рис. 1. Зонная структура сульфата натрия при 0 ГПа и 30 ГПа

Далее по энергии в Li_2SO_4 следует две группы из двух зон с максимумом в $N(E)$ при -13.7 эВ и шести зон при -11.3 эВ. Нижняя из них построена из гибридных $O_{2s}-S_{3s}$ состояний примерно с одинаковым вкладом в расчете на один атом вкладам. Вторая – из гибридных же $O_{2p}-S_{3p}$ состояний с 12.5% вкладом серы, 9.4% атома O1 и 9.2% атома O2. В соединениях калия близко к этой области располагаются K_{3p} -состояния, которым в K_2SO_4 отвечают максимумы $N(E)$ при -16.3 и -15.8 эВ. Также как в соединениях натрия эти состояния расщеплены из-за неэквивалентного положения атомов калия K1 и K2. Однако оно не является столь заметным в $NaKSO_4$, а в $LiKSO_4$ атомы

калія эквівалентны. Энергетычнае становішча K_{3p} -станова значна не змяняецца ад злучэння да злучэння: -16.1 эВ у LKS і -16.0 эВ у NKS.

Верхняя валентная абласць у Li_2SO_4 сфармавана двума групамі адносна шырокіх палос, з якіх ніжняй 10-зоннай шырыняй 2.4 эВ адказваюць у $N(E)$ максімумы пры -8.2 і -6.9 эВ, а верхняй з шырыняй 1.2 эВ пры -5.9 эВ. Уклад станаў серы ў ніжнюю мал, а верхняя валентная абласць поўнасцю сфармавана з $2p$ -станаў кісларода. Гэта асаблівасць будавання верхняй валентнай абласці прысва ўсім сульфатам.

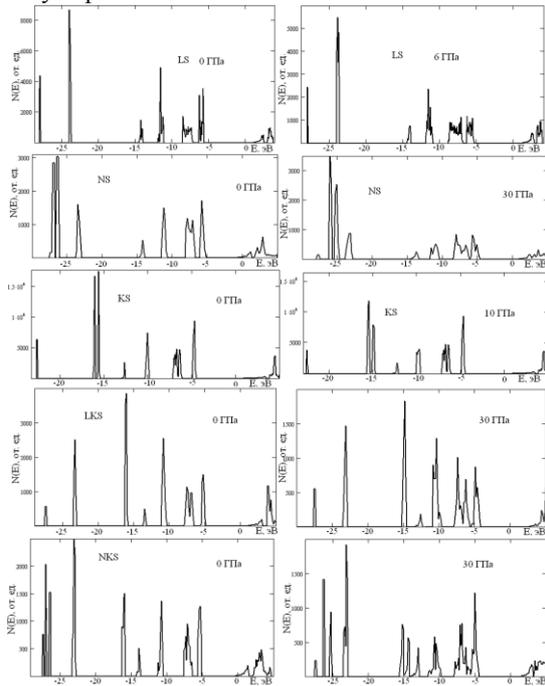


Рис. 2. Плотность состояний $N(E)$ в сульфатах щелочных металлов под давлением 0 (слева), 6, 10, 30 ГПа (справа)

Под давлением положение энергетических уровней изменяется. Это заметно даже на уровне основных состояний. Так в LS положение O_{1s} -состояния при увеличении давления от 0 до 6 ГПа опускается с -510.4 эВ до -510.6 эВ, в KS от 0 до 10 ГПа поднимается с -509.3 до -508.9 эВ; в NS, LKS, NKS от 0 до 30 ГПа также поднимается соответственно с -510.6 , -509.8 , -510.2 эВ до -509.9 , -508.9 , -508.9 эВ. S_{2s} -состояние при повышении давления в указанных пределах всюду имеет меньшую энергию: LS с -214.0 до -213.9 , NS с -214.4 до -214.1 , KS с -212.8 до -212.5 , LKS с -213.3 до -212.7 , NKS с -214.1 до -213.8 эВ. Величины смещений не являются сколько-нибудь большими, но тем не менее могут быть зафиксированы экспериментально.

В валентной области влияние давления проявляется в уширении энергетических полос (рис. 2) при сохранении их количественного и качественного состава. Имеет место перекрытие верхних валентных энергетических зон в NS, LKS

и тем более NKS, где в области -15 эВ вместо двух максимумов в $N(E)$ появляется три.

Изменения также касаются спектра незанятых состояний. При обычных условиях нижняя незанятая зона во всех сульфатах практически отделена узким запрещенным участком от последующих. Под давлением эта запрещенная щель пропадает и на рис. 2 видно, что выделенной нижней зоны не существует.

Изменение давления меняет перекрытие волновых функций и потенциалы взаимодействия, а, следовательно, и энергетические параметры зонной структуры. Наиболее простым и доступным для наблюдения параметром зонной структуры является ширина запрещенной зоны E_g . В отсутствие давления ширина запрещенной зоны равна: LS 6.65, LKS 5.75, KS 5.32, NS 4.37, NKS 4.70 эВ. Изменение этого параметра с давлением P показано на рис. 3. Видно, что E_g с ростом P увеличивается практически линейным образом.

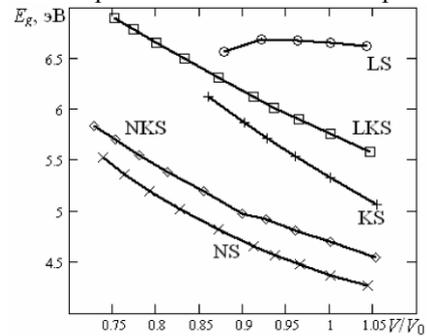


Рис. 3. Зависимость ширины запрещенной зоны E_g от сжимаемости V/V_0 в сульфатах щелочных металлов.

Исключение составляет LS, где она сначала слабо увеличивается, а при $P > 4$ ГПа начинает уменьшаться.

Проведено исследование электронных свойства сульфатов щелочных металлов при давлении в интервале 0–30 ГПа. Показано, что топологическая структура энергетических зон сульфатов не изменяется в исследуемом диапазоне давлений. С ростом давления происходит увеличение ширины валентных зон, и это объясняется усилением взаимодействия между структурными элементами кристалла, вызванным уменьшением межатомных расстояний. Ширина запрещенной зоны увеличивается с ростом давления, исключение составляет Li_2SO_4 .

Літэратура

1. Александров К.С., Безносиков Б.В. Структурные фазовые переходы в кристаллах (семейство сульфата калия). – Новосибирск: Наука, 1993. – 287 с.
2. Головки О.В., Журавлев Ю.Н., Журавлева Л.В. Электронные и упругие свойства сульфатов щелочных металлов из первых принципов // Известия вузов. Физика. – 2009. – №12. – С. 96.

РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ СЕЛЕНА ПО ГЛУБИНЕ СТРУКТУРЫ (Si₃N₄/SiO₂/Si) ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТОЛЩИНАХ МАСКИРУЮЩЕГО СЛОЯ Si₃N₄, ЭНЕРГИЯХ И ДОЗАХ ЛЕГИРОВАНИЯ.

О.А. Василив

Научный руководитель: Величко А.А., д.т.н., профессор
Новосибирский государственный технический университет,
630073, Россия, г. Новосибирск, ул. Карла Маркса, 20
E-mail: p.a.m.s@inbox.ru

ИК приемники с примесным поглощением создаются на основе кремния, легированного примесями, вносящими глубокие энергетические уровни в запрещенную зону полупроводника. Наиболее часто используемые примеси - это примеси 6 группы периодической таблицы Менделеева (халькогены). Технология изготовления фоточувствительного слоя заключается в проведении ионной имплантации кремниевой пластины через двуокись кремния, с последующей высокотемпературной обработкой. Для предотвращения испарения SiO₂ и ухода примеси селена, при высоких температурах, нами применялся маскирующий слой нитрида кремния.

При имплантации селеном кремниевой пластины образуется его избыточная концентрация в пике профиля распределения [1,2]. Для устранения этого эффекта используется «дробное» легирование, которое отличается тем, что имплантация кремния и диффузионная разгонка происходит в несколько этапов через двойной маскирующий слой (нитрид кремния + двуокись кремния). Для реализации данного метода необходимо знать толщину маскирующего слоя (нитридную его часть) и дозу ионной имплантации для обеспечения концентрации не превышающую предел растворимости селена в кремнии [3].

Поэтому целью настоящей работы является определение концентрации примеси на поверхности Si до термообработки на уровне $5 \cdot 10^{16} \div 1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ (предельная концентрация селена в позиции замещения) и расчет распределения полной концентрации селена по глубине структуры Si₃N₄/SiO₂/Si при различных толщинах маскирующего слоя Si₃N₄, энергиях и дозах легирования.

Рассчитываемая структура представляет собой кремниевую пластину толщиной 525 мкм. На обе стороны пластины нанесен слой SiO₂ толщиной 400 Å и слой Si₃N₄ варьируемой толщины. Ионная имплантация рассчитывалась для энергий 125 и 200 кэВ, для толщин слоя Si₃N₄ - 300 Å, 600 Å, 900 Å, для доз легирования - 100, 75, 50 мкКл/см².

Расчет проводился методом Монте-Карло в пакете программ SRIM 2011. Профиль получен по усреднению 1000 000 рассчитанных траекторий атомов селена для толщины Si₃N₄ 1300 Å и по усреднению 100 000 рассчитанных траекторий

атомов селена для остальных толщин Si₃N₄. Плотность Si₃N₄ была задана равной 3.29 г/см³, плотность SiO₂ равной 2.3 г/см³, плотность Si 2.32 г/см³. Результаты расчета представлены в таблице 1

Таблица №1 результаты расчета

№	Толщина маскирующего слоя Si ₃ N ₄ /SiO ₂ , Å	Доза легирования, мкКл/см ²	Энергия легирования, кэВ	Максимум концентрации Se, см ⁻³	Уровень концентрации Se в Si, см ⁻³
1	300/400	50	125	6·10 ¹⁹	4·10 ¹⁹
2	300/400	75	125	10 ²⁰	6·10 ¹⁹
3	300/400	100	125	<10 ²⁰	<10 ²⁰
4	300/400	50	200	4·10 ¹⁹	2·10 ¹⁹
5	300/400	75	200	6·10 ¹⁹	3·10 ¹⁹
6	300/400	100	200	9·10 ¹⁹	4·10 ¹⁹
7	600/400	50	125	6·10 ¹⁹	10 ¹⁹
8	600/400	75	125	10 ²⁰	2·10 ¹⁹
9	600/400	100	125	10 ²⁰	3·10 ¹⁹
10	600/400	50	200	2·10 ¹⁹	2·10 ¹⁹
11	600/400	75	200	4·10 ¹⁹	4·10 ¹⁹
12	600/400	100	200	5·10 ¹⁹	5·10 ¹⁹
13	900/400	50	125	6·10 ¹⁹	3·10 ¹⁷
14	900/400	75	125	10 ²⁰	4·10 ¹⁷
15	900/400	100	125	<10 ²⁰	6·10 ¹⁷
16	900/400	50	200	4·10 ¹⁹	2·10 ¹⁹
17	900/400	75	200	6·10 ¹⁹	3·10 ¹⁹
18	900/400	100	200	<10 ²⁰	4·10 ¹⁹

Как видно из таблицы нитрид кремния толщиной 900 Å двуокись кремния 400 Å (№13-15) пик концентрации примеси селена находится в нитридной части маскирующего слоя, что является плюсом в плане снижения образования радиационных дефектов, а уровень концентрации в кремнии составляет порядка 10¹⁷ – 10¹⁸ см⁻³, что отвечает поставленной задаче. На основании

полученных данных можно сделать вывод, что при проведении ионной имплантации через маскирующий слой Si_3N_4 900 Å / SiO_2 400 Å, концентрация селена в кремнии составляет $\sim 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Но из рисунка 1(в) видно, что в кремний попадает всего 0,01% атомов, что не приемлемо потому, что при таком процентном распределении невозможно обеспечить перекомпенсацию типа проводимости.

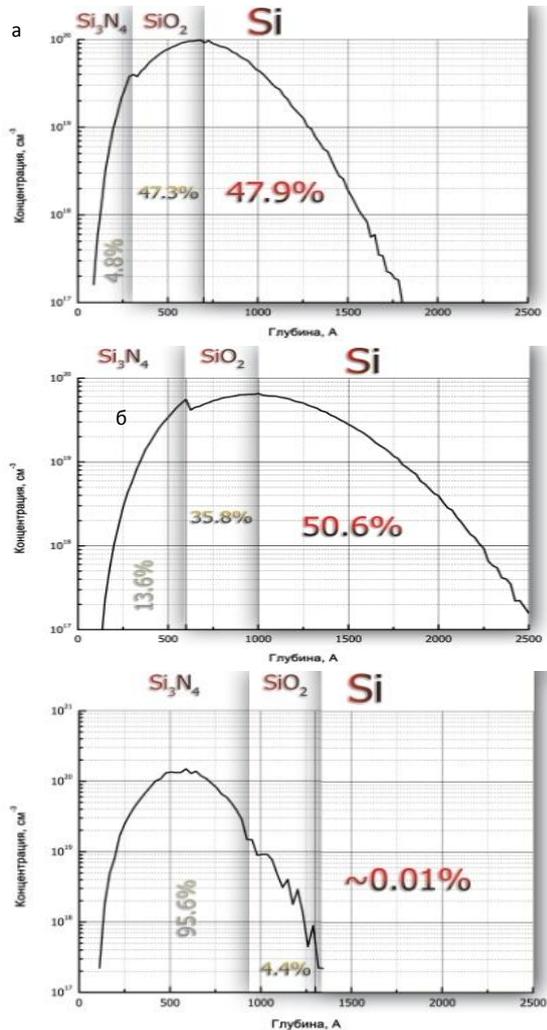


Рис.1. процентное распределение полной концентрации селена (см^{-3}) по глубине структуры при толщине Si_3N_4 300Å, 600Å и 900Å соответственно.

Маскирующий слой Si_3N_4 300 Å / SiO_2 400 Å (Рис 1(а)) обеспечивает достаточное процентное соотношение атомов селена, но его концентрация в кремнии превышает 10^{20} см^{-3} , превышая предел растворимости. Следовательно, наиболее приемлемая нитридная часть маскирующего слоя толщиной 600 Å, которая согласно расчетам обеспечивает концентрацию селена на уровне 10^{19} см^{-3} и перекомпенсацию типа проводимости (рис 1 (б)). Поэтому для проведения эксперимента использовалась структура Si_3N_4 600Å / SiO_2 400 Å / Si. Распределение полной концентрации селена показано на рис.2. Высокая химическая активность

селена приводит не только к образованию сопутствующих центров, но и к его закреплению в значительных количествах на имеющихся ростовых несовершенствах и границах раздела. Эти процессы в значительной мере определяются наличием введенных ионной бомбардировкой радиационных дефектов.

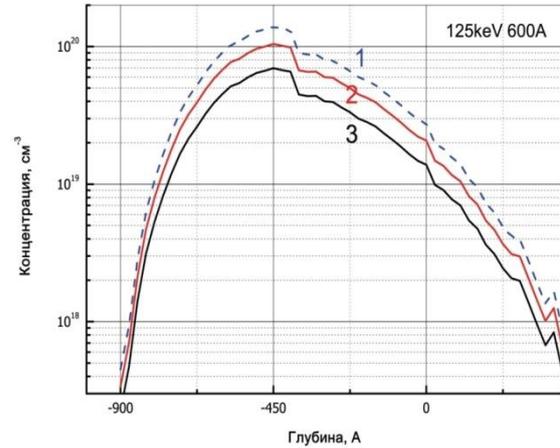


Рис.2. Распределение полной концентрации селена (см^{-3}) по глубине структуры (Si_3N_4 600 Å / SiO_2 400 Å / Si) при энергии легирования 125 кэВ и дозе легирования: 1 – 100 мкКл/см²; 2 – 75 мкКл/см²; 3 – 50 мкКл/см².

Единственным вопросом останется определить количество дополнительного легирования и отжига при таких параметрах, так как очевидно, что при уменьшении дозы и/или увеличении толщины маскирующего слоя – количество дополнительного легирования увеличится, что не технологично. Для того, чтобы обеспечить надежное смыкание профилей, обратную сторону пластины можно легировать только через маскирующий слой SiO_2 400 Å, дозой 400 мкКл/см², и только затем нанести нитридную часть маскирующего слоя и проводить ионное легирование планарной стороны пластины и высокотемпературные отжиги, что позволит сократить технологический маршрут.

Список литературы:

1. А.А. Таскин, Е.Г. Тишковский. Образование квазимолекул Se_2 в кремнии, легированном селеном – ФТП 32(11) 1998.
2. Grimmeiss H.G., Janzen E., and Skarstam B. Electronic properties of selenium-doped silicon. - J. Appl. Phys., 1980, v.51, p.3740-3745.
3. А.А. Таскин, Б.А. Зайцев, В.И. Ободников, Е.Г. Тишковский. Особенности пространственного перераспределения атомов Se, имплантированного в кремний – ФТП 34(3) 2000.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОБЖИМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ БОРТОВОЙ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Васильев И.С., Ефремов С.В.

Научный руководитель: Ким В. С., к.ф-м.н., доцент

ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева»

662972, Россия, г. Железногорск, Красноярский край, ул. Ленина, 52

E-mail: vasilyev_is@sibmail.com

Современные космические аппараты (КА) способны функционировать на протяжении 15 лет. Для достижения данного срока активного существования (САС) необходимо, чтобы все его системы бесперебойно функционировали в процессе эксплуатации. Поэтому повышение надежности бортовой кабельной сети (БКС) является актуальной задачей, так как БКС является неотъемлемой частью КА, которая объединяет электрическими интерфейсами все его системы. Наиболее уязвимой частью БКС являются соединительные элементы, применяемые при сборке. Сегодня в космической технике используются обжимные сростки и прямоугольные соединители с извлекаемыми обжимными контактами, которые производятся только в США и ЕС. Как следствие, поведение обжимных соединений в жестких условиях космического пространства в течение САС в России изучено недостаточно.

Технология соединения электрических проводов методом обжимки была разработана в качестве альтернативы к соединению проводов методом пайки. Сегодня метод пайки имеет широкое применение на российских предприятиях. Однако пайка уже не удовлетворяет требованиям современного производства единой трехмерной кабельной сети, которая включает в себя монтаж БКС в трехмерном пространстве на объемных макетах, полностью соответствующих штатным изделиям ракетно-космической техники (РКТ). Применение пайки имеет ограничения, так как создает затруднения, например, при доработке БКС. Применение современных обжимных контактов является необходимой частью технологии единой трехмерной кабельной сети. Данный подход позволит достичь следующих результатов:

- уменьшение габаритно-массовых характеристик БКС;
- сокращение срока создания кабельной сети изделий РКТ;
- проводить более быструю техническую доработку электрических цепей на любом этапе изготовления изделий РКТ;
- сокращение материальных издержек на создание изделий РКТ.

Для применения современной технологии создания электрических соединений бортовой кабельной сети с помощью метода обжимки необходимо, чтобы данные соединения сохраняли в процессе эксплуатации следующие параметры:

- электрические соединения должны иметь минимальную величину переходного электриче-

ского сопротивления в области контакта в процессе эксплуатации;

- величина механической прочности электрического соединения должна соответствовать прочности соединяемых материалов в течение всего срока эксплуатации;

- электрические соединения должны сохранять свою работоспособность при заданных условиях эксплуатации [1].

Для достижения данных требований необходимо выполнить правильное изготовление обжимных соединений. Для этого необходимо выбирать такие материалы, сечения проводов и обжимных изделий, чтобы после выполнения обжимки сила разрыва обжимного соединения имела большее значение, чем вытягивания жилы. Большая величина обжима является предпочтительной, так как обеспечивается лучший механический контакт, имеющий меньшее переходное электрическое сопротивление. В то же время необходимо соблюдать баланс силы обжатия, так как слишком большая сила может стать причиной трещин основного материала, покрытия провода и обжимного контакта, а недостаток силы вызывает появление зазоров, которые негативно влияют на механические и электрические характеристики обжимного контакта. В результате величина переходного сопротивления и прочности на растяжение обжимного соединения напрямую зависят от степени деформации [2].

В процессе эксплуатации обжимных соединений происходит некоторое уменьшение внутренней напряженности обжатых материалов, в связи с этим происходит некоторое ослабление механического контакта. Основной причиной данного процесса в обжимных электрических контактах является внешние воздействующие факторы, такие как вибрация, изменение температуры, вакуум и ионизирующее излучение космического пространства. В свою очередь внешние механические факторы обусловлены лишь временем выведения космического аппарата на орбиту и имеют малую длительность. В результате основными воздействующими факторами являются условия космического пространства.

Для подтверждения надежности обжимных соединений в ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева» изготовлены кабели-типопредставители БКС КА с применением современной технологии электрических соединений выполненных методом обжимки.

Пример испытываемых образцов обжимных соединений показан на рисунке 1.

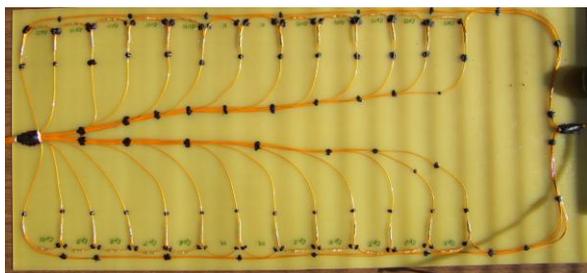


Рис.1. Испытуемые обжимные соединения

В процессе изготовления данных кабелей на части образцов обжимных электрических соединений были проведены контрольные испытания, которые являются неотъемлемой частью технологического процесса изготовления обжимных электрических соединений. В процессе проведения контрольных испытаний определяются правильность выбора обжимного усилия и начальные характеристики обжимных соединений. К данным контрольным операциям относятся следующие виды испытаний:

- испытание на падение напряжения;
- испытания на разрыв;
- металлография.

По результатам проведенных контрольных испытаний необходимо чтобы все изготовленные обжимные соединения полностью соответствовали установленным требованиям. Пример обжимных электрических соединений прошедших исследование на металлографию на начальном этапе после изготовления, показаны на рисунке 2 и 3.

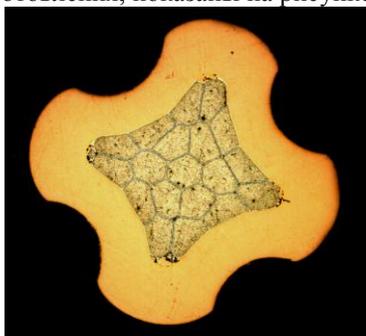


Рис. 2. Образец № 1 обжимного соединения

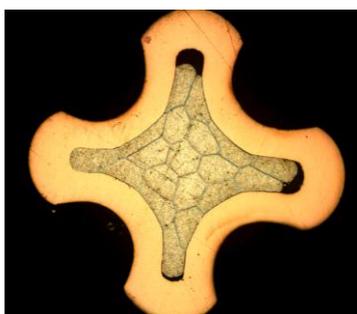


Рис. 3. Образец № 2 обжимного соединения

Как видно на рисунках 2 и 3, на которых показаны результаты проведения металлографии было установлено, что в образцах обжимных электрических соединениях все проволоки токопроводящей жилы деформированы, а область пустот составляет менее чем 10 % от общей площади поперечного сечения, что указывает на полное соответствие изготовленных образцов установленным требованиям на начальном этапе. Результаты механических испытаний на разрыв и испытаний на падение напряжения также полностью соответствуют необходимым требованиям.

Однако данные испытания не позволяют определить дальнейшее поведение изготовленных образцов обжимных электрических соединений в процессе эксплуатации. Поэтому для подтверждения надежности обжимных соединений БКС в течении САС необходимо провести целый ряд испытаний образцов электрических соединений, в условиях, приближенных к условиям космического пространства, с проведением периодического контроля процессов старения обжимных соединений.

Критерием работоспособности обжимных соединений в процессе проведения цикла данных испытаний является ухудшение характеристик меньше, чем на 20 % от начальных значений, полученных при выполнении контрольных операций после изготовления испытываемых образцов.

В результате проведения цикла испытаний необходимо исследовать процессы старения обжимных электрических соединений, что позволит получить данные для адекватной оценки надежности обжимных соединений в условиях космического пространства. Данные исследования позволят снизить риск возникновения нештатных ситуаций и повысить надежность всей бортовой кабельной сети в целом. Наличие обширных данных по надежности обжимных соединений расширит возможность их применения для изготовления современной бортовой кабельной сети перспективных космических аппаратов, а также ускорит процесс разработки собственных конкурентоспособных прямоугольных соединителей с извлекаемыми обжимными контактами.

Список литературы

1. Хольм Р. Электрические контакты /Р. Хольм. – М.: Изд-во иностр. лит., 1961.– 464 с.
2. Сафонов Л. Электрические прямоугольные соединители. Рекомендации по практическому применению в РЭА / Л. Сафонов, А. Сафонов // Технологии в электронной промышленности. – 2007.– №5.– С. 58-63.

НАНЕСЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ И УПРОЧНЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ НА СТАЛЬ 40X МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

Васин П.А.¹, Винокуров В.А.²

Научный руководитель: Найденкин Е.В.² з.л. ИФПМ СО РАН, к.ф.-м.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4

E-mail: Pavel319@gmail.com

Введение

Антикоррозийные и упрочняющие покрытия в настоящее время имеют очень широкую область применения. Это, в частности, работа каких-либо деталей в условиях агрессивной среды, такой как вода, кислоты, щелочи и другие вещества, которые активно взаимодействуют с поверхностью детали. Без каких-либо покрытий сроки службы изделия в данных средах уменьшаются многократно, что влечет за собой большие затраты на замену, изготовление или покупку нового изделия. Упрочняющие покрытия носят все тот же характер – это увеличение срока службы изделия. Однако к упрочняющим покрытиям требования совсем иные: они должны обладать высокими прочностными характеристиками, такие как твердость, жесткость и др.

На сегодняшний день применяется множество различных методов нанесения покрытий: термический, химико-термический, электролизный, напыление, электро-искровое легирование и др.

Метод электро-искрового легирования отличается от остальных методов тем, что при нанесении покрытия достигается высокая адгезия, а также размеры установок относительно малогабаритными, затраты материала минимальны, а также большинство покрытий возможно наносить в нормальных условиях и обычной атмосфере. С помощью электроискрового легирования также можно проводить восстановление деталей с последующим повторным ее использованием на производстве.

Материалы и методики

Сталь 40X (C: 0.36-0.44%, Si: 0.17-0.37%, Mn: 0.5-0.8%, Ni: до 0,3%, S: до 0.035%, P: до 0,035%, Cr: 0.8-1.1%, Cu: до 0,3%, Fe: 97%) является хромистой конструкционной, легированной. Эта сталь получила широкое применение по той причине, что из нее можно изготавливать оси, валы, вал-шестерни, плунжеры, штоки, коленчатые и кулачковые валы, кольца, шпиндели, оправки, рейки, губчатые венцы, болты, полуоси, втулки и другие улучшаемые детали повышенной прочности.

Целью данной работы является нанесение защитных и упрочняющих покрытий из Ni, Cr, TiC с хромовой связкой на сталь 40X и исследования химического и фазового состава этих покрытий.

Материал из никеля наносится с целью защиты или придания характерного внешнего вида обработанной поверхности. Никелирование защищает изделия от коррозии в атмосфере,

растворах щелочей и солей, а также слабых органических кислот.

Хромовое покрытие может наноситься для декоративных целей, для обеспечения защиты от коррозии или для увеличения твердости поверхности. Такое покрытие значительно снижает смачиваемость стенок форм расплавленным стеклом или металлом. Хромирование используется: для увеличения износостойкости в инструментальном производстве при отделке мерильных инструментов, фильер для волочения металлов и т.п. Большой эффект дает хромирование штампов и матриц при изготовлении различных изделий из резины, пластмасс, кожи, стекла. В этом случае хромовое покрытие не только обеспечивает износостойкость, но также исключает налипание прессуемых материалов к поверхности матриц. Значительное повышение износостойкости трущихся поверхностей стенок цилиндров и поршневых колец двигателей внутреннего сгорания достигается при применении процессов пористого хромирования. [3]

Нанесение карбида титана также имеет ряд преимуществ: обладает исключительно высокой твердостью (9—9,5 по шкале Мооса), является огнеупорным керамическим материалом. Карбид титана – это весьма стабильное соединение, о чем свидетельствует высокая температура плавления и теплота образования. Покрытия из карбида титана нашли применение в аэрокосмической промышленности, атомной энергетике, автомобилестроении, при изготовлении инструментальных материалов. Использование такого покрытия позволяет увеличить в несколько раз срок службы изделий, сэкономить дорогостоящие и дефицитные материалы. Также карбид титана является одним из самых эффективных материалов, используемых в качестве износостойкого покрытия, и это связано прежде всего с тем, что TiC в наибольшей мере удовлетворяет требованиям, предъявляемым к покрытиям: высокие износостойкость и твердость при высоких и низких температурах; химическая стабильность; небольшой коэффициент трения, сцепление с поверхностью материала – основы; окислительная стойкость; малая склонность к схватыванию; способность не разрушаться под воздействием механических и тепловых нагрузок. [2]

Следствием импульсного электрического разряда в газовой среде является эрозия металлоподобных материалов, перенос и отложение на поверхностях

электрода-анода і дэталі-катода разрушаных частіц металла, сплава ці прыводзячай ток кампазіцыі.

Электрыскавая апрацоўка матэрыялаў мае наступныя спецыфічныя асаблівасці:

- матэрыял электрода-анода можа ўтваравацца на паверхні дэталі ці інструмента-катода трывала злучаны з паверхняй слой пакрыцця, у якім адсутнічае не толькі мяжа раздзелу, але і адбываецца дыфузія элементаў матэрыяла электрода ў прыпаверхневые слои матэрыяла дэталі;
- працэс можа адбывацца і так, каб матэрыял электрода не ўтвараваў пакрыцця на паверхні дэталі, а дыфузіяна абгацае гэту паверхню сваімі складовымі элементамі;
- можна ажыццяўляць лакальную апрацоўку на плошчах радыусам ад 0,5 мм на паверхнях практычна любой крывізны, а значыць, апрацоўваць толькі тэ участкі паверхні дэталі ці інструмента, якія падвергаюцца зношванню.[1]

Результаты исследования

Пры даследаванні хромавага пакрыцця, рентгеноструктурны аналіз паказаў, што на паверхні прысутнічаюць два элемента: Fe-gamma 225 (94,98%) і Cr (5,02%) (см. Рис. 1.)

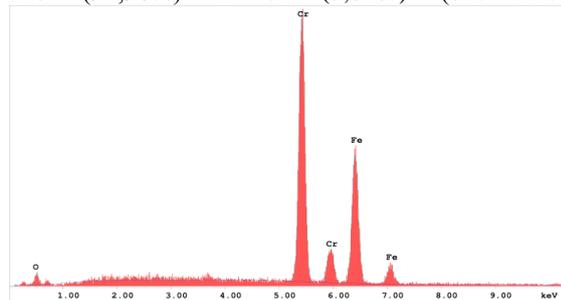


Рис. 1. Дыяграма масовага складу хромавага пакрыцця

Значэнні мікротвёрдасці па Віккерсу паказалі, што трываласць характэрыстыкі матэрыяла-асновы практычна не змяніліся. Па здымках, атрычаных з дапамогай растровай электроннай мікраскопіі (см. Рис. 2.) чётка відаць, што пакрыццё атрымана дастаткова раўнамерна і якасна, каб задавальнаць патрабаванням у машынабудаванні. Якіх-ліб дэфектаў (трэшчыны, просвет матэрыяла-асновы і др.) не назіраецца. Аднак пры большым звыжэнні (Рис. 3.) відаць некаторую нераўнамернасць распаўсюду матэрыяла-пакрыцця, якая можа быць вызвана многімі фактарамі, у асаблівасці, антрапагеннымі. Антыкорозійныя якаствы знаходзяцца на неабходным узроўні для эксплуатацыі, адгезійныя

Спісак крыніц:

1. Бурумкулов Ф.Х., Лезін П.П., Сенін П.В., Іванов В.І., Велічко С.А, Іонов П.А. Электрыскавыя тэхналогіі аднаўлення і ўмацавання дэталей машын і інструментаў (тэорыя і практыка). - Саранск, Ізд-во "Красный Октябрь", 2003 - 504 с.
2. Кіпарісов С.С., Левінскі Ю.В., Петров А.П. Карбід титана: атрыманне, якаствы, прымяненне. М.: Металлургія, 1987. 216с.
3. Ю.М. Лахтін, В.П. Леонтьева Матэрыялаведзе. — М.: Машынабудаванне, 1990. — хромаванні.

і трываласць характэрыстыкі задавальняюць умовам прымянення данага тыпу пакрыцця ў машынабудаванні і будаўніцтве. Частичная зацьма паверхні ў зоне тэрмічнага ўздзеяння на мяжы пакрыцця-падложкі не прывядзе да адрыву пакрыцця. Як следства, быў атрыман якасны зразек.

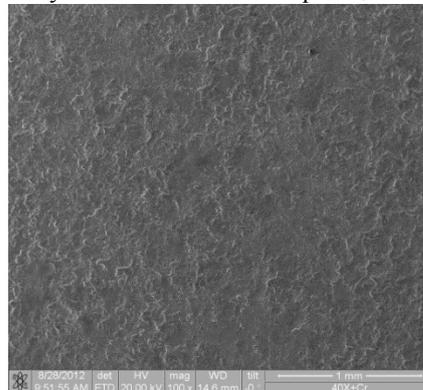


Рис. 2. Структура хромавага слоя пры звыжэнні 100x

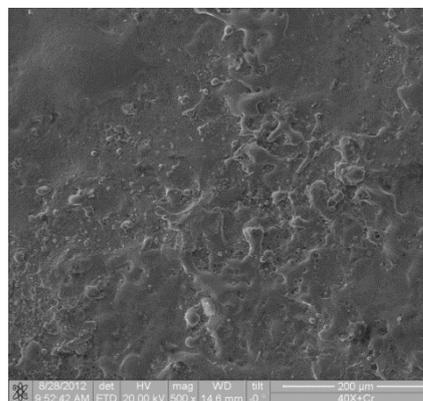


Рис. 3. Структура хромавага пакрыцця пры звыжэнні 500x

Выводы

Методам электрыскавага легіравання на зразек сталі 40Х нанесены абарончыя і ўмацавальныя пакрыцця з мэтай атрымання зададзеных параметраў.

Хром нанесены на сталь 40Х, у вызначаным рэжыме здольны забяспечыць усе неабходныя ўмовы для выкарыстання першапачатковага матэрыяла ў машынабудаванні ў адпаведнасці з тэхнічнымі патрабаваннямі.

Даследаванні пакрыццяў з нікеля і карбіда титана з ніхромавай звязкай яшчэ не закончаны, таму ў данай статыі вынікі даследавання і вывады па гэтым пакрыццям не прыведзены.

Работа выканана ў рамках дзяржаўнага задання «Навука».

ПОЛУЧЕНИЕ НИТРИДСОДЕРЖАЩЕГО КОМПОЗИЦИОННОГО ПОРОШКА АЗОТИРОВАНИЕМ КРЕМНИЯ И ЦИРКОНОВОГО КОНЦЕНТРАТА

Витушкина О.Г., Чухломина Л.Н.

Научный руководитель: Чухломина Л.Н., д.т.н., вед. н.с.

Отдел структурной макрокинетики ТНЦ СО РАН

e-mail: olchik4@yandex.ru

Материалы и изделия из нитрида кремния (Si_3N_4) обладают высоким уровнем технических характеристик, и находят достаточно широкое применение в различных областях науки и техники. Получение однофазных плотных материалов на основе нитрида кремния до сих пор является проблемным, поэтому для получения компактного материала требуется введение активирующих добавок. Многочисленные исследования показали, что в качестве активирующих добавок часто используются оксиды магния, алюминия, иттрия и др. К числу активаторов относится и диоксид циркония (ZrO_2). Добавка диоксида циркония к нитриду кремния позволяет достичь наибольшей плотности и твердости, а также повышения трещиностойкости нитридокремниевых материалов.

В ранее проведенных нами исследованиях показано, что в качестве исходных компонентов, как для получения нитрида кремния, так и композиционных порошков на его основе [1, 2] методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) целесообразно использовать отходы производства ферросилиция (техническая пыль, возникающая при дроблении ферросилиция) и природное оксидное сырье (цирконовый концентрат). Установлено влияние основных параметров процесса азотирования ферросилиция в присутствии добавок циркона на СВ- синтез и фазовый состав продуктов горения. При создании оптимальных условий синтеза продукт горения представляет собой композицию состава $\text{Si}_3\text{N}_4 - \text{ZrO}_2 - \text{Si}_2\text{N}_2\text{O} - \text{Fe}$. Методом кислотного обогащения продуктов горения удастся получить композиционный керамический порошок на основе нитрида кремния с остаточным содержанием железа не более 0,5 мас. %*.

Настоящая работа является продолжением проводимых исследований и направлена на получение нитридсодержащих порошков на основе $\text{Si}_3\text{N}_4 - \text{ZrO}_2$ методом СВС с использованием кремния и цирконового концентрата.

В качестве исходного сырья для получения нитридсодержащих порошков на основе нитрида кремния использовался кремний

металлургический марки Кр3 (содержание кремния 96,0 %; железо – 3,3 %; алюминий – 0,78 %; кальций – 0,68 %) и цирконовый концентрат Туганского месторождения Томской области. По данным фазового анализа металлургический кремний представлен кремнием, о чем свидетельствует интенсивность рефлексов на углах $2\theta - 33,22, 55,26, 66,16$. Циркон представляет собой силикат циркония (ZrSiO_4) конечным продуктом переработки которого является диоксид циркония (ZrO_2). Содержание диоксида циркония в цирконовом концентрате составляет 63,15 % (остальное диоксид кремния и примеси по ТУ У 14 – 10 – 015 – 98).

Ранее установлено, что как для системы кремний – азот, так и ферросилиций – азот имеет место фильтрационный режим горения, при котором азот к фронту реакции поступает путем фильтрации через поры образца из объема установки. Исследования показали, что перед фронтом горения происходит плавление кремния (1415°C) и эвтектики $\text{FeSi}_2 + \text{Si}$ (1220°C) с образованием реакционных ячеек, препятствующих поступлению азота к зоне реакции, и как следствие, к уменьшению глубины превращения. Для устранения фильтрационных затруднений и увеличения глубины превращения необходимо вводить инертные добавки предварительно азотированного ферросилиция или нитрида кремния в количестве 30 – 70 %. Поэтому можно предположить, что использование циркона, в качестве инертной добавки, позволит устранить фильтрационные затруднения и получить нитридсодержащий композиционный порошок в режиме горения.

Добавка циркона в кремний вводилась в количестве 10 – 70 %. В условиях фильтрационного подвода азота закономерности горения и состав продуктов зависят от давления азота, диаметра образца и состава исходной шихты.

Результаты показали (рисунок 1), что с увеличением количества вводимой добавки циркона глубина превращения увеличивается. (*Глубина превращения определялась как отношение количества азота поглощенного образцом к количеству азота, необходимому для полного превращения кремния в нитрид кремния*). Максимальная глубина превращения ($m=0,85$) достигается при введении циркона в количестве 40 – 50 %. При введении циркона в

* Здесь и далее массовые проценты

количестве 60 % глубина превращения несколько снижается, а при дальнейшем разбавлении система не горит. Дальнейшие исследования проводились для шихты состава «50 % кремний – 50 % циркон».

Исследования показали, что максимальная глубина превращения характерна для образцов диаметром 40 мм. Дальнейшее увеличение диаметра приводит к снижению глубины превращения. Это обстоятельство объясняется тем, что с увеличением диаметра образца теплотери в окружающую среду уменьшаются, что в свою очередь приводит к резкому оплавлению образца и соответственно к нарастанию фильтрационных затруднений для подвода азота к зоне реакции. С уменьшением диаметра образца увеличиваются теплотери, уменьшается температура горения, что приводит к постепенному затуханию. Образцы диаметром менее 30 мм не горят.

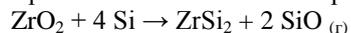
Зависимость глубины превращения от давления азота имеет сложный характер. Максимальное значение степени азотирования достигается при 4 МПа. Дальнейшее увеличение давления азота приводит к уменьшению глубины превращения. Это связано с тем, что при увеличении давления нарастают процессы плавления кремния, которые затрудняют фильтрацию азота, вследствие чего наблюдается уменьшение глубины превращения. С уменьшением давления азота глубина превращения уменьшается, поскольку уменьшается скорость подвода азота к зоне реакции, вследствие чего горение в самоподдерживающемся режиме становится невозможным. При давлении азота менее 1 МПа кремний с добавками цирконового концентрата не горит.

Скорость горения увеличивается с увеличением давления азота. При давлении азота более 4 МПа скорость горения несколько снижается.

Согласно результатам рентгенофазового анализа при введении в кремний циркона в количестве 10 – 30 % в продуктах синтеза присутствуют рефлексы исходного непрореагировавшего кремния (Si). Наличие исходного кремния в продуктах горения свидетельствует о неполном превращении кремния в нитрид, и соответственно о низкой глубине превращения. С увеличением вводимой добавки циркона содержание основной фазы β - Si_3N_4 закономерно уменьшается, при этом увеличивается интенсивность рефлексов оксинитрида кремния ($\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}$), а также моноклинной и тетрагональной модификаций диоксида циркония (ZrO_2). При этом рефлексы фазы диоксида циркония обнаруживаются при введении добавки циркона свыше 30 %, соотношение фаз диоксида циркония (М к Т)

одинаковое. Кроме того, в продуктах горения при введении циркона более 30 % образуется дисилицид циркония (ZrSi_2).

Образование дисилицида циркония происходит восстановлением диоксида циркония кремнием в соответствии с реакцией:



Кроме того, в продуктах синтеза независимо от давления азота и диаметра образца присутствуют рефлексы фаз силицидов железа (FeSi_2 , Fe_5Si_3 , FeSi), свидетельствующие о неполном превращении кремния в нитрид.

Изучение фазового состава продуктов синтеза показало, что наблюдается неравномерность распределения фаз по сечению образца. Это объясняется нестационарным режимом горения кремния с цирконом, поскольку сгоревшие образцы по внешнему виду неоднородные, состоящие из отдельных слоев в виде «лепешек».

Таким образом, изучение основных закономерностей СВ- синтеза композиционного керамического порошка на основе « Si_3N_4 - ZrO_2 » показало принципиальное отличие азотирования ферросилиция и кремния в присутствии добавок цирконового концентрата: 1) при азотировании ферросилиция с добавками циркона достигается наиболее полная глубина превращения ($m=0,97$), по сравнению с азотированием кремния в присутствии цирконового концентрата ($m=0,85$); 2) азотирование шихты «ферросилиций + циркон» осуществляется в режиме поверхностного горения, а «кремний + циркон» в автоколебательном; 3) СВ- синтез керамической композиции « Si_3N_4 - ZrO_2 » при использовании ферросилиция осуществляется с более равномерным распределением фазового состава по сечению образца, чем при использовании кремния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чухломина Л.Н., Витушкина О.Г., Голобоков Н.Н., Верещагин В.И. Фазовый состав продуктов азотирования ферросилиция с добавками цирконового концентрата // Стекло и керамика. – 2008. – №2. – С. 8-10.
2. Чухломина Л.Н., Витушкина О.Г., Максимов Ю.М. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез композиции Si_3N_4 - ZrO_2 с использованием ферросилиция и цирконового концентрата // Перспективные материалы. 2008. - №5. С. 79 – 84.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПОЛУЧЕНИЯ АНОДНЫХ ПЛЕНОК Ga₂O₃ НА СВОЙСТВА СТРУКТУР n-GaAs - Ga₂O₃ - МЕТАЛЛ

Вишникина В. В., Петрова Ю. С., Яскевич Т. М.

Научный руководитель: Калыгина В.М., канд. физ.-мат. наук, доцент
Томский государственный университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

E-mail: vishnikina.vera@rambler.ru

Оксид галлия β -Ga₂O₃ – важное термодинамически стабильное соединение, которое может обладать как свойствами полупроводника, так и свойствами диэлектрика. Тонкие пленки оксида галлия широко используются в современном приборостроении, например, в качестве прозрачных проводящих электродов, антиотражающих покрытий, при разработке газовых сенсоров и полноцветных экранов. Более того, оксид галлия может служить подзатворным диэлектриком в полевых МДП-транзисторах.

В данной работе пленки Ga₂O₃ были получены методом анодирования (электрохимического окисления) на подложках эпитаксиального GaAs ($N_d = 8.9 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$), выращенного на пластинах n-GaAs ($n_0 \approx 10^{18} \text{ см}^{-3}$). Этот способ достаточно прост и дает малую плотность дефектов на границе раздела полупроводник-окисел. С целью удаления легко летучих оксидов мышьяка проводят отжиг полученных пленок в атмосфере водорода при температуре 300 °С в течение 10 минут. Следующий этап – высокотемпературный отжиг в аргоне. Большая часть образцов подвергалась отжигу при 900 °С в течение 30 минут; часть образцов - при 700 °С и 800 °С в течение 1 и/или 5 минут. Полученные структуры обрабатывали в кислородной плазме в течение 20, 30 или 50 минут при T=90 °С.

С помощью рентгеновского дифракционного анализа установлена связь времени воздействия кислородной плазмы с зарождением кристаллитов β -фазы с различной кристаллографической ориентацией.

Исследование морфологии поверхности пленок с помощью АСМ показало, что высокотемпературный отжиг и обработка в кислородной плазме приводят к изменению размеров и формы зерен, меняется рельеф поверхности пленки. Согласно полученным данным после отжига пленка становится полностью поликристаллической, в то время как без отжига имеет аморфную структуру.

Емкость и проводимость структур, не подвергнутых отжигу при 900 °С, слабо зависят от величины и полярности напряжения. Эксперименты показывают, что образцы без отжига представляют собой структуры конденсаторного типа (рис. 1).

Отжиг анодных пленок приводит к резкому изменению электрических характеристик

образцов, появляется зависимость емкости и проводимости от напряжения. ВФХ и ВСХ приобретают вид, характерный для МДП-структур (рис. 2). Предполагается, что наблюдаемые изменения ВФХ и ВСХ объясняются уменьшением толщины пленок оксида галлия после высокотемпературного отжига и изменением энергетической плотности поверхностных состояний (ПС) на границе раздела n-GaAs – Ga₂O₃. Среднее значение энергетической плотности ПС составляет $2 \cdot 10^{12} \text{ эВ}^{-1} \text{ см}^{-2}$.

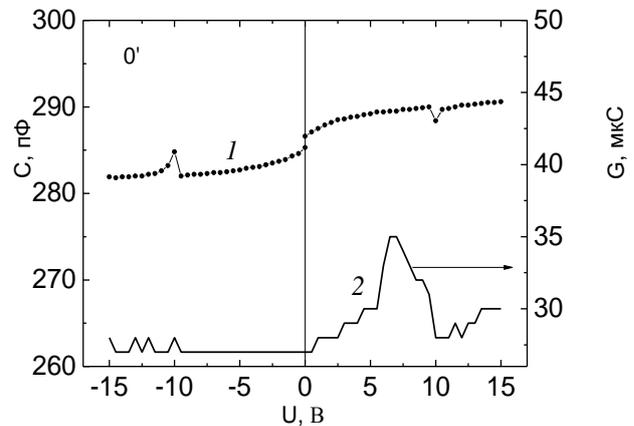


Рис. 1. Вольт-фарадная (1) и вольт-сиemensная (2) характеристики структуры без отжига

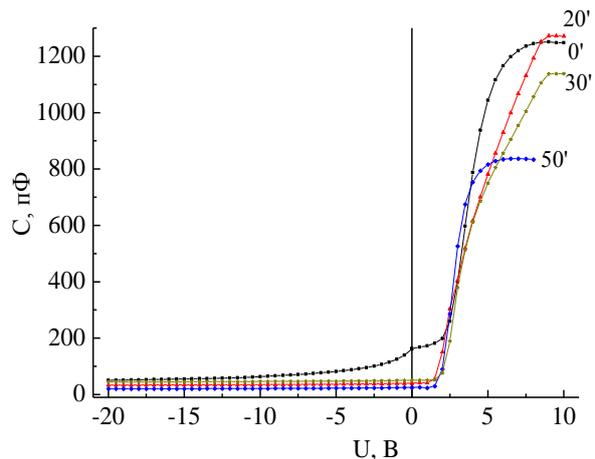


Рис. 2. Вольт-фарадные характеристики при разных временах (указаны на рисунке) воздействия кислородной плазмой перед отжигом

Прямые ВАХ (рис. 3а) определяются надбарьерными переходами электронов из полупроводника в металл с учетом возможного

туннеліравання электронаў праз найбольш тонкія часткі ў дыэлектрычнай плёнке. Абаротны ток павялічваецца з павышэннем напружання прыкладна па лінейнаму закону, што гаворыць аб прысутствіі дадатковых кампанентаў току паміж рэкамбінацыйнай складовай (рис. 3, б)

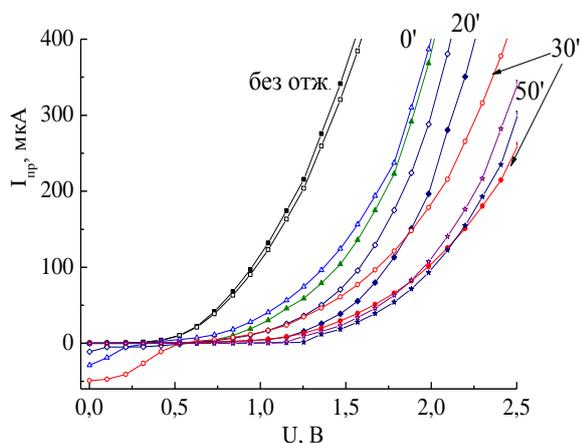


Рис.3, а. Темныя і пры асвятленні прамыя ВАХ структур без аджыга і пры розных временах (указаны на рисунке) ўздзеяння кіслароднай плазмы

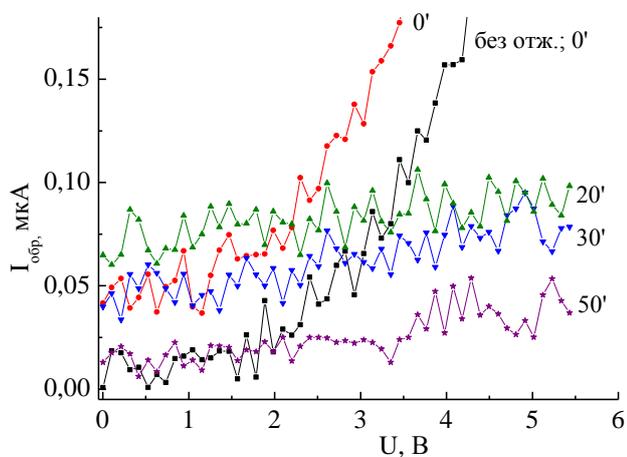


Рис. 3, б. Темныя абаротныя токі структур без аджыга пры розных временах (указаны на рисунке) ўздзеяння кіслароднай плазмы

Сніжэнне прамых і абаротных токаў МДП-структур пасля ўздзеяння на плёнку Ga_2O_3 кіслароднай плазмы (рис.3) аб'ясняецца змяншэннем канцэнтрацыі кіслародных вакансій, іграючых ролю донорных цэнтраў.

Паказана, што пасля тэрмічнага аджыга анодыяныя плёнкы аксіда галія аказваюцца дастаткова празрыстымі для відавочнага святла, што падтвэрдыцца павялічэннем абаротнага току пры асвятленні са староны кіруючага электрада (рис. 5). Фотаотлік ісследуемых структур

наблюдается только для образцов после отжига при $900\text{ }^\circ\text{C}$ и, вероятно, объясняется генерацией носителей заряда в ОПЗ полупроводника.

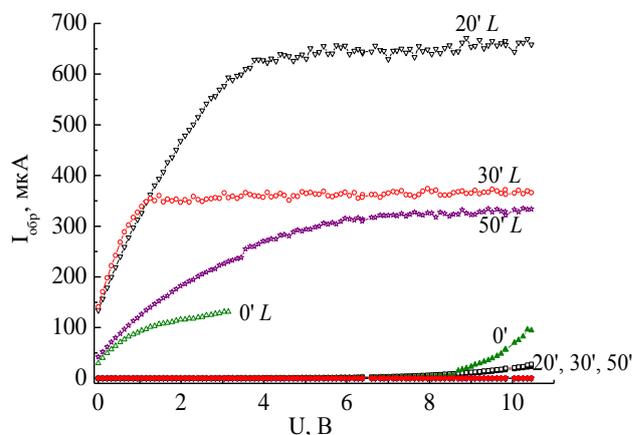


Рис.5. Завіскасць ад напружання абаротных токаў без і пры асвятленні; времена абароткі Ga_2O_3 ў кіслароднай плазме указаны на рисунке

Сфармуляваны алгарытм рашэння распаўсюдэння канцэнтрацыі электронаў па каардынаце, на аснове якога ісследвана ўплывы таўшчы аксіднай плёнкы, доўжыні абароткі ў кіслароднай плазме, тэмпературы і часу аджыга структур n - $GaAs$ - аксіда галія - метал на канцэнтрацыю электронаў ў прыпаверхнавай абласці арсеніда галія.

Так як ісследуемыя зразкі прадстаўляюць МДП-структуры, то для рашэння канцэнтрацыі носьбітаў зарада былі ісследаваны эксперыментальныя ВФХ і ВСХ. Косвенно па змяненню канцэнтрацыі носьбітаў зарада ў прыпаверхнавай абласці палупроводніка можна судзіць аб наяўнасці дэфектаў ў $GaAs$.

Паказана, што пасля анодыравання, а таксама з павялічэннем доўжыні абароткі ў кіслароднай плазме і часу аджыга, канцэнтрацыя электронаў зніжаецца па сярэньні з ісходнай, што падтвэрдыцца відам ВФХ і ВСХ.

Сніжэнне канцэнтрацыі носьбітаў зарада можна аб'ясніць абразаваннем вакансій галія, якія іграюць ролю акцепторных цэнтраў ў арсеніде галія.

АНАЛИЗ ПРЕИМУЩЕСТВ РАБОТЫ PDC – ДОЛОТ

Слепокуров А.А. Гановичев С.И.

Научный руководитель: Бурков П.В. доцент

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: knyaz2235_1991@mail.ru

PDC-долота (polycrystalline diamond cutters - поликристаллические алмазные резцы) относятся к породоразрушающему инструменту, применяемому для бурения нефтяных и газовых скважин, особенно для бурения наклонно направленных и горизонтальных скважин и пород, представленных чередованием пропластков различной твердости[1]. К числу перспективных режущих инструментов относятся алмазные резцы, имеющие высокую стойкость и обеспечивающие высокое качество обработки.

Алмазные резцы применяются для декоративного точения деталей, вместо их полирования, с целью получения высокой чистоты (10 - 14) и блеска внешних поверхностей, а также для тонкого точения и растачивания цилиндрических и конических поверхностей. Алмазное точение позволяет получить 1-й и 2-ой классы точности при чистоте обработанной поверхности в пределах 9—10 класса.

Высокая стойкость алмазных резцов объясняется специфическими физико-механическими свойствами алмаза.

В основу геометрической модели долота принимается PDC-долото, а в основу геометрической модели грунта – суглинок.

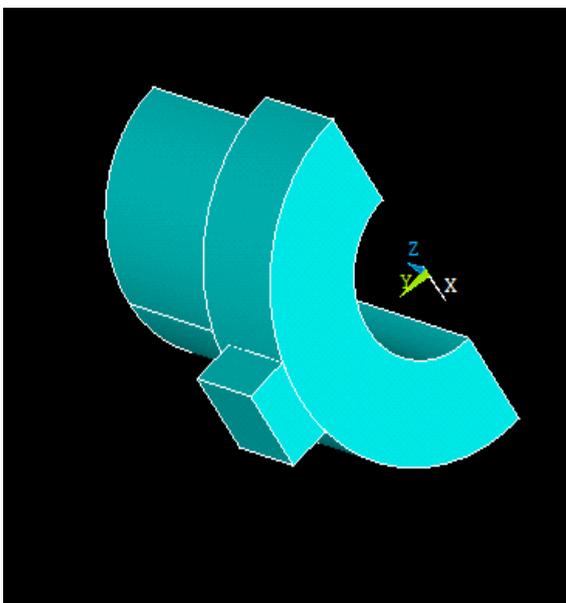


Рис.1 Геометрическая модель PDC-долота

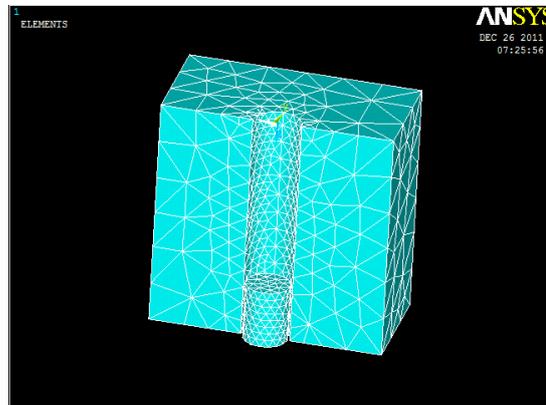


Рис.2 Геометрическая модель грунта

Для дальнейшего анализа нам потребуются некоторые данные по грунту. Для суглинка:

- Коэффициент Пуассона принимается равным для грунтов: крупнообломочных – 0.27; песков и супесей – 0.30; суглинков – 0.35; глин – 0.42.

- Модули упругости выбранного материала составляют 70-180 МПа (70-100 МПа при обработке связных грунтов).

- Плотность суглинка при естественной влажности 14...19 % составляет от 1500 до 1600 кг/м³.

Мы в своем анализе приняли: коэффициент Пуассона – 0,35; модуль упругости 120; плотность грунта – 1550 кг/м³.

Учитывая эти данные, строится модель взаимодействия шарошечного долота и долота PDC с грунтом.

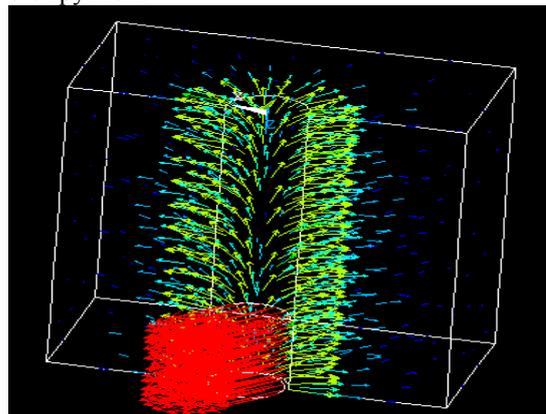


Рис.3 Модель взаимодействия шарошечного долота с грунтом и модели PDC-долота.

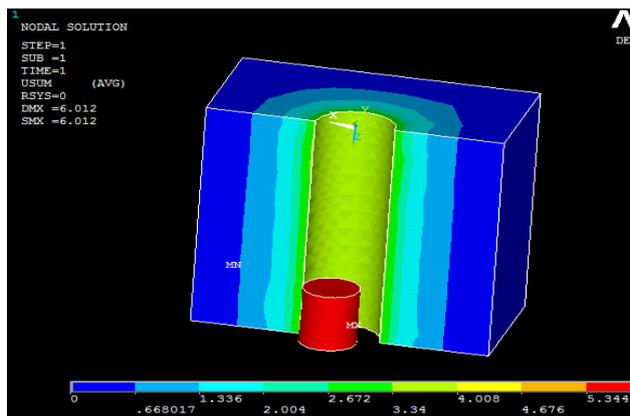


Рис.4 Перемещения, возникающие в грунте, при работе PDC долота

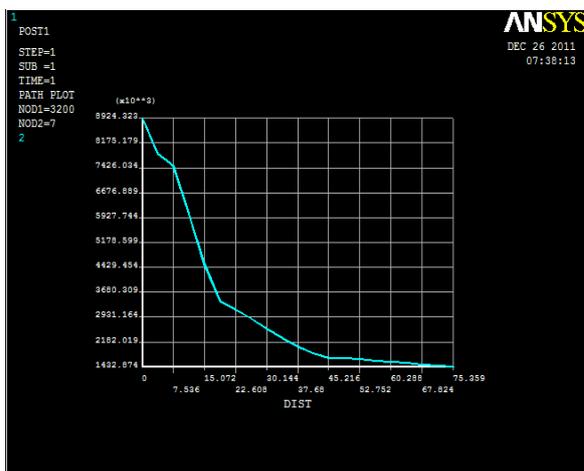


Рис.5 График зависимости напряжений от расстояния до ствола скважины во время работы PDC долота

Цветом показана интенсивность напряжений. Сравнивая эти взаимодействия, видно как сильно различаются поведения моделей долота. По мере роста расстояния от ствола скважины напряжения в грунте уменьшаются.

Это достигается за счет применение технологии EZ-Steer и различных изменений в конструкции долота. Конструктивные особенности долот PDC [3]:

1.Спиральная лопасть долота

Отличительные особенности: повышенная конструктивная прочность и увеличенное количество зубков. Преимущества: более плавный режим резания; повышение эффективности бурения и улучшение управляемости долотом в наклонно-направленных скважинах.

2. Установка зубков PDC на калибрующей части долота

Отличительные особенности: повышенная износостойкость долота при бурении. Преимущества: данная защита калибрующей части долота обеспечивает поддержание номинального диаметра скважины в течение

длительного времени, что в свою очередь обеспечивает более стабильную работу долота.

Вибрационная защита долота

Отличительные особенности: при возникновении вибраций, противоударные вставки восстанавливают плавный режим работы долота. Преимущества: повышение стабильности работы; увеличение долговечности зубков PDC; увеличение производительности долот в целом.

Процесс обратной обработки

Отличительные особенности: резцы вступают в контакт с породой при подъеме долота. Преимущества: обеспечение безопасного поднятия долота.

5.Опорные вставки внутреннего конуса профиля долота

Отличительные особенности: опорные вставки ограничивают «врезание» долота на забое. Преимущества: ограничение врезания на забое уменьшает моментоемкость долота; улучшение управляемость при бурении наклонно-направленных скважин.

6.Зубки предварительной деформации породы

Отличительные особенности: второй ряд зубков PDC разрушает целостность породы на забое, облегчая работу основных резцов. Преимущества: улучшение управляемости долота при наклонно-направленном бурении; повышение стойкости от абразивного износа; повышение работоспособности долота в целом.

В заключении анализа наглядно видно, что применение данного типа позволит повысить скорость бурения, стабильность работы долота, тем самым увеличить срок службы долота PDC и уменьшить время строительства скважины [2].

Список используемых источников и литературы:

1. Абубакиров В.Ф., Буримов Ю.Г., Гноевых А.Н. Буровое оборудование: Справочник: В 2-х т. Т. 2. Буровой инструмент. – М.:ОАО «Издательство «Недра», 2003. – 494 с.
2. Черняев Д.Ю., Бурков П.В., Буркова С.П. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния трубопровода на примере участка Александровское Анжеро-Судженск.
3. Булатов А.И., Проселков Ю.М. Решение практических задач и освоение скважин: справ. пособие – Краснодар: Совет. Кубань, 2006. – 744 с.
4. Бабаян Э.В. Буровые технологии – 2-е изд., доп. – Краснодар: Совет. Кубань, 2009. – 896 с.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛИНИСТЫХ БОКСИТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПЛОТНОСПЕЧЕННОЙ АЛЮМОСИЛИКАТНОЙ КЕРАМИКИ

Говорова Л.П., Токарева А.Ю.,

Научный руководитель: Вакалова Т.В., д.т.н. профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: laraGVred@mail.ru

Несмотря на увеличение в общем объеме современных керамических материалов доли керамики из синтетического сырья, до сих пор для ряда таких традиционных керамических материалов, как алюмосиликатные огнеупоры, высокоглиноземистая керамика, важнейшее значение имеет глинистое сырье. Особенностью современной отечественной базы керамического сырья является истощение общих запасов высококачественных глин и каолинов, что обуславливает вынужденное вовлечение в производство другого природного алюмосиликатного сырья, включая низкосортные с позиций переработки на глинозем бокситосодержащие породы.

Иксинское месторождение бокситов и огнеупорных глин входит в состав Североонежского бокситорудного района (СОБР). Их особенностью является высокое содержание в химическом составе глинозема, при высоком, не характерном для других бокситовых месторождений мира, кремнезема и относительно низком количестве оксидов железа.

Современный рынок потребителей североонежских бокситов развивается по нескольким направлениям: селективная добыча бокситов для глиноземного производства; сырьё для цементной и огнеупорной промышленности; добыча бокситов и глин для их использования в качестве раскислителя в металлургии. Всего предприятие отгружает до десятка различных марок бокситов и глин. Руда и вскрышные породы Иксинского месторождения используются также в производстве пропантов (материала, используемого в качестве расклинивающего агента при гидроразрыве нефтеносного пласта с целью реанимации нефтяных скважин), керамических изделий, глазурованной плитки, кирпича, черепицы, керамзита, силумина (алюминиево-кремниевый сплав) с содержанием кремния более 16 % — перспективного материала для авиа- и автомобилестроения, абразивов и ферросилиция — ценного продукта для чёрной металлургии и машиностроения, гидроксида алюминия, синтетических цеолитов, важных для нужд экологии продуктов (очистка воды, производство экологически чистых СМС).

Целью данной работы явилось комплексное исследование двух проб иксинских бокситов

(ГИО-2 и ГИО-5) для выяснения перспектив их использования в технологии алюмосиликатных пропантов.

Установлено, что по химическому составу в зависимости от содержания Al_2O_3 в прокаленном состоянии оба исследуемых иксинских боксита представляют собой высокоглиноземистое алюмосиликатное сырьё (содержание Al_2O_3 в прокаленном состоянии составляет 60 – 77 мас.%) с невысоким содержанием щелочных (менее 1 мас. %) и щелочно-земельных (более 1,7 мас. %) оксидов и с высоким содержанием красящих оксидов Fe_2O_3 и TiO_2 (от 8 до 11 мас. %).

По минералогическому составу исследуемые иксинские бокситы представляют собой полиминеральные глинистые породы, сложенные смесью таких глинистых минералов как каолинита $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$, о чем свидетельствуют характеристические рефлекссы с межплоскостными расстояниями при 0,717 - 0,72; 0,356 и 0,247 нм с незначительным содержанием гидрослюда типа иллита $0,2 \cdot K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 1,5H_2O$ (0,992; 0,444 нм).

Рентгеновские рефлекссы каолинита хорошо очерчены и весьма интенсивны, что свидетельствует о его доминирующем содержании в смеси и хорошей окристаллизованности. Присутствие некоторого количества иллита обусловлено условиями образования каолинов как продуктов выветривания полевых шпатов, поскольку иллит представляет собой глинистый минерал, являющийся продуктом изменения полевых шпатов. Кроме того, особенностью иксинских бокситов является присутствие в их минералогическом составе глиноземистых минералов в форме гидратов оксида алюминия различной водности - гидраргиллита (гиббсита) $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ и бемита $Al_2O_3 \cdot H_2O$. Рентгенографически различить между собой гидраргиллит и бемит можно по наличию на дифрактограммах рефлекссов при 0,484 нм (характерного для гидраргиллита) и при 0,615 нм (характерного для бемита). Сопоставление интенсивностей указанных рефлекссов гидраргиллита и бемита свидетельствует в целом о преобладании в обеих пробах содержания бемита над гидраргиллитом. Однако если в пробе ГИО-2 различие в количественном содержании бемита и гидраргиллита не столь выражено, то в случае пробы ГИО-5 содержание бемита, судя по интенсивностям соответствующих рефлекссов, примерно в 5 - 5,5 раз преобладает над содержанием гидраргиллита. Что касается кварцевого

компонента, то в обоіх пробах яго прысутствіе рэнтгенаграфічна не абнаружваецца.

Аналіз атрыманых крывых дыферэнцыяльна-тэрмічнага (ДТА), тэрмагравіметрычнага (ТГ) і дыферэнцыяльна-тэрмагравіметрычнага (ДТГ) аналізаў іксінскіх парод падтвэрджаюць вышэпрыведзеныя вывады аб іх гліністобоксітовым складзе.

Такім чынам, абедзве даследаваныя пробы іксінскіх боксітаў прадстаўляюць сабой тып беміта-гідрагілілітавых гліністых боксітаў з зместам каалініта ад 20 да 47%, гідратаў глінозема 34 – 64 % пры поўным адсутствіі прымеснага кварца, што добра сагласуецца з данымі іх хімічнага складу, у асаблівасці з высокім для агнеупорнага гліністага сыравя з зместам аксіда алюмінія (50 - 60 мас. %) і павышанымі стратамі масы пры пракаліванні (больш 15 мас. %), што ў комплексе вызначае такія іх тэхналагічныя якасці як малую пластычнасць (лічба пластычнасці 4,6 – 5,2), нізкую чутлівасць да сушкі (каэфіцыент чутлівасці да сушкі 0,3 - 0,4), неспакаемасць да тэмпературы 1400 °С, аднак пры гэтым здольнасць утвараваць трывалыя структуры з трываласцю на сціск 48 – 67 МПа (пры тэмпературы 1400°С у залежнасці ад разнавіднасці гліны).

Працэсы фазоўтварэння пры награве іксінскіх боксітаў ад 1100 да 1400°С зводзяцца да ўтварэння корунда як прадукта тэрмаразладжэння гідратаў глінозема, прысутствующих у пачатковых глінах у выглядзе беміта і гідрагіліліта, і сінтэза муліта. Акрамя таго, характэрна поўнае адсутствіе на дыфрактограмах обоіх ажоженных проб іксінскіх боксітаў рэфлексаў кремнезема, утвараючай. Улічваючы гэты факт, што пры сінтэзе муліта з каалініта выдзяляецца амарфны кремнезем, які можа часткова расплаўляцца ў расплаве, а часткова крысталізавацца ў выглядзе крystalліта, то змяншэнне інтэнсіўнасці рэфлексаў корунда пры павышэнні тэмпературы да 1400°С (асабліва ў выпадку пробы ГІО-5), па ўсёй верагоднасці, звязана з сінтэзам дадатковага колькасці муліта за лічба прамой звязаннасці корундам, утвараючага з гідратаў глінозема, кремнезема, выдзяляючага з структуры каалініта, змест якога сутэсна больш за ў пачатковай пробе ГІО-5, чым у пробе ГІО-2.

Усередненая проба іксінскіх боксітаў у пачатковым стане (без ўвядзення давак) была опробавана ў тэхналогіі алюмосілікатных прапантаў па традыцыйнай схеме, якая ўключае стадыі брыкетавання шыхты, прадварытнай тэрмаапрацоўкі

брыкетавання, помол брыкетавання, грануліраванне шыхты, прамежуточнае сееванне гранул, спакаючы абжыг гранул, канчатковае сееванне прапантаў на таварныя фракцыі

На атрыманых з паказанага сыравя гранулах фракцыямі 16/20 (размер гранул ад 1,25 да 0,8 мм) і 20/40 (ад 0,8 да 0,4 мм) вызначаліся іх насыпаная маса і трываласць на сціск. Трываласць прапантаў ацэньвалася па лічба разбураных гранул пад ціскам 52 і 70 МПа згодна ГОСТ Р 51761-2005.

Атрыманыя даныя сведчаюць аб тым, што прапанты, атрыманыя з іксінскага боксіта пры тэмпературы спакаючага абжыга 1450°С, здольны вытрымаваць разбушаючы ціск да 70 МПа, што звязана з асаблівасцю іх хімічна-мінералагічнага складу. У асаблівасці, з прысутствіем у хімічным складзе гідратаў аксіда алюмінія, якія ў працэсе абжыга гранул трансфармуюцца ў α -форму аксіда алюмінія (корунд), маючы высокую існуючую шчыльнасць (3,99 – 4,01 г/см³), што забяспечвае грануліраванаму матэрыялу (прапантам) высокую насыпаную шчыльнасць, і высокую трываласць.

З мэтай павышэння механічнай трываласці алюмосілікатных прапантаў пры адначасовым зніжэнні тэмпературы іх абжыга праводзіліся даследаванні па зыскуванні магчымасці, шляхаў і спосабаў рэгулявання працэсаў сінтэза муліта і спакавання алюмосілікатнай керамікі на аснове іксінскіх боксітаў.

Сравненне вядомых фізічных і хімічных спосабаў актывіравання працэсаў спакавання керамічных мас дазволіла аддаць перавагу хімічным спосабам, якія аснованы на іспользаванні акіслітэльна-восстанавітэльных рэакцый, працэсаў дысоцыацыі хімічных злучэнняў, хімічнага пераносу рэчыва пры спакаванні і т.п.

Выявлено, што ўвядзенне давак аксідаў-мінералізатараў да боксіта пры тэмпературы спакаючага абжыга 1350°С спосабствуе звышэнню трываласці зразцаў у 2 – 3 разы, пры гэтым лічба вадопоглажэння зразцаў зніжаецца практычна да нуля.

Такім чынам, праведзеныя даследаванні сведчаюць аб перспектывнасці іспользавання гліністых боксітаў Іксінскага месцазнаходжэння ў тэхналогіі шчыльнаспакаванай алюмосілікатнай керамікі з тэмпературай абжыга ад 1400 – 1450°С пры ўмове іх хімічнага актывіравання мінералізуючымі давакмі. Пры гэтым дзеянне ўсіх давак-мінералізатараў неабходна разглядаваць не толькі з пункту актывіцы працэса спакавання і сінтэза муліта, але і з пункту спакавання корунда, утвараючага ў выніку дэгідратацыі гідратаў алюмінія.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ И СМАЧИВАЕМОСТИ МАГНЕТРОННЫХ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Городжа С.Н., Сурменова М.А., Грибенников М.В.

Научный руководитель: Сурменев Р.А. к.ф.-м.н., доцент, с.н.с

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: sveta_gorodzha@mail.ru

В настоящее время весьма актуален вопрос развития области синтетических материалов, используемых в ортопедии и стоматологии для замещения и восстановления костных дефектов. Особым вниманием пользуются функциональные покрытия на основе фосфатов кальция, способствующие регенерации, благодаря схожему составу с костной тканью [1].

Гидроксиапатит (ГА) относится к группе естественных метаболитов кости и потому высоко биосовместим. Но кроме того данный 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].

Основываясь на данных литературного анализа, можно заключить, что не существует одного общепринятого метода, позволяющего создавать покрытия, отвечающие всем требованиям. Из основных недостатков, присущих большинству известных методов можно выделить несбалансированность по основным химическим элементам, сложность контроля структуры покрытий, низкая величина адгезионной прочности покрытия к материалу основы и т.д. Использование метода высокочастотного (ВЧ-) магнетронного распыления позволяет получать покрытия с регулируемым составом и структурой при сохранении высокой адгезии покрытий к подложкам [3].

Целью данной работы является исследование смачиваемости и морфологии поверхности покрытий, сформированных методом ВЧ-магнетронного распыления мишени из кремнийзамещенного гидроксиапатита (Si-ГА).

Материалы и методы

Для напыления покрытий использовалась модифицированная промышленная установка 08РКНО-100Т-005 (Россия) с магнетронным источником (5,28 МГц). Расстояние между подложками и магнетронным источником – 40мм, давление рабочего газа – 0,1 Па, рабочий газ – аргон, мощность ВЧ-разряда – 200 Вт, время напыления 5 часа. В качестве материала для покрытия использовался спеченный при 1100°C в течение 1 часа порошок Si-ГА ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_{6-x}(\text{SiO}_4)_x(\text{OH})_{2-x}$, $x=0,5$). Покрытия напылялись на подложки двух типов: титан и сталь.

Для определения фазового состава сформированного Si-ГА покрытия использовался дифрактометр фирмы Bruker D8 Advance с медным (Cu_α)

антикатодом (напряжение 40кВ и сила тока 40мА).

Измерения шероховатости поверхности проводились методом сканирующей зондовой микроскопии на приборе НаноСкан-3D (ТИСНУМ) при полуконтактном режиме сканирования, скорость движения зонда 30 мкм/с. Параметры шероховатости поверхности покрытия и подложек R_a , R_z , представляющими собой среднюю высоту неровностей профиля (R_a – всех неровностей; R_z – наибольших неровностей), определяли согласно ГОСТ 2789-73.

Измерение краевого угла смачивания были получены при помощи метода сидячей капли на оборудовании OCA 15 Plus (DataPhysics Instruments GmbH, Германия). Опыты проводились при температуре 25 ± 1 °С. Изображение капли было получено при помощи видео камеры и системы анализа изображения, которая рассчитывает контактный угол от полученных данных формы капли.

Результаты и обсуждения

На рисунке 1 представлена дифрактограмма Si-ГА покрытий, сформированных ВЧ-магнетронным распылением при мощности 200 Вт, при заземленном подложкодержателе (ЗП) и смещении -100. На дифрактограмме покрытий кроме дифракционных максимумов, характерных для ГА присутствует рефлекс от титановой подложки ($2\theta=35.1^\circ$).

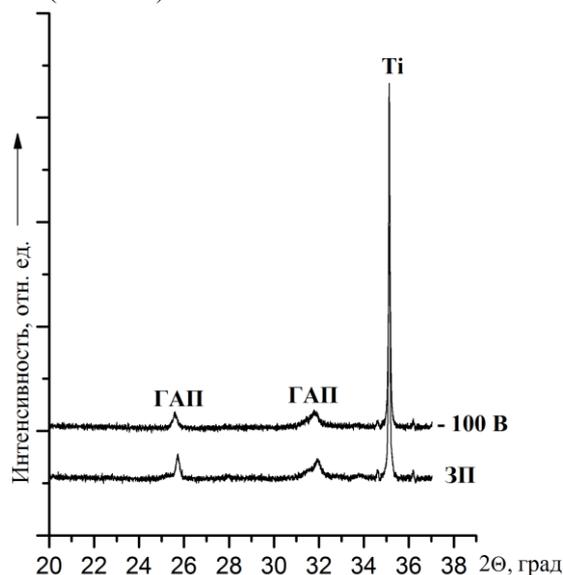


Рис. 1 – Рентгенограммы Si-ГА покрытий, сформированных при разных значениях отрицательного потенциала смещения

Низкая интенсивность и большая ширина максимумов ГА, а также сдвиг этих максимумов в сторону увеличения углов 2θ от нормального положения свидетельствует о том, что размер зерна составляющего покрытие находится в наноразмерной области, а так же о наличии в покрытии микронапряжений, искажающих кристаллическую решётку. Данное предположение подтверждается расчётами, приведёнными в таблице 1.

Параметры кристаллической решетки Si-ГА a , b , c и ее объем V , были рассчитаны при помощи метода наименьших квадратов. Средний размер кристаллитов рассчитывался, при помощи уравнения Дебая-Шерера.

Таблица 1. Параметры, рассчитанные для Si-ГА покрытия, сформированного при ЗП и смещении – 100 В.

Образец	D_{hkl} , нм	Параметры решётки			$\Delta d/d$
		$a=b, \text{Å}$	$c, \text{Å}$	$V, \text{Å}^3$	
ЗП	26	9,5025	6,9198	624,84	0,049
-100 В	18	9,5299	6,9558	631,71	0,052

В соответствии с результатами исследований шероховатости покрытий, представленных в таблице 2, было выявлено, что поверхность системы «покрытие+стальная подложка» обладает наименьшей шероховатостью. Шероховатость поверхности системы «титан (после химического травления)+покрытие» выше в пять раз, при этом для нее характерна наибольшая высота наблюдаемых неровностей, на отдельных участках.

Таблица 2. Параметры шероховатости покрытий в случае ЗП

Образец	Средняя шероховатость (R_a), нм	Средняя максимальная высота профиля (R_z), нм
Si-ГА на стальной подложке	87±10	445±23
Si-ГА на титановой подложке	1314±50	7676±75

Данные измерения контактного угла на подложках и Si-ГА покрытиях приведены в таблице 3.

Таблица 3. Смачиваемость покрытий в случае ЗП и подложек

Образец	Контактный угол, град
Ti (подложка)	77,6 ± 1,3
Ti (покрытие)	92,4 ± 1,6
Сталь (подложка)	99,6 ± 1,3
Сталь (покрытие)	104,39 ± 1,5

Сравнивая значения контактного угла, представленных в таблице 3, можно сделать вывод, что

после ВЧ-магнетронного напыления поверхность изменяется в сторону гидрофобности. Объяснением данного явления могут послужить напряжения, возникающие в покрытии в процессе напыления.

Другим влияющим фактором может быть бимодальная текстура поверхности, образованная на подложках в процессе ВЧ-магнетронного распыления. Бимодальная текстура поверхности может вызывать положительный отклик клеток, с другой стороны может уменьшиться доля смоченной поверхности, что в свою очередь приводит к гидрофобности поверхности.

Сопоставляя данные шероховатости и краевого угла смачивания, можно выявить зависимость между двумя этими параметрами, а именно чем больше шероховатость, тем меньше контактный угол.

Данные по динамике изменения угла смачивания в течение 30 минут полученных поверхностных слоев представлены на рисунке 2.

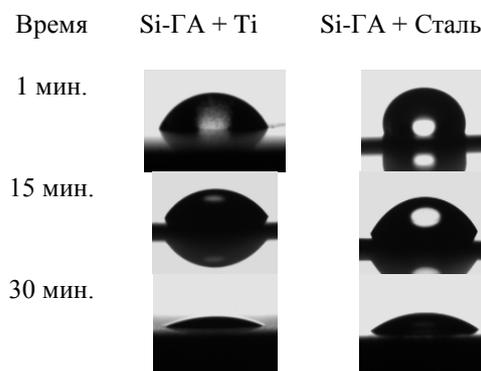


Рис. 2 – Фотографии капли воды на поверхности Si-ГА покрытия на титане, стали в течение 30 мин.

Анализ зависимостей позволяет выявить отличия функциональных свойств покрытий, напыленных на разные подложки, с различным параметром шероховатости. Образец с Si-ГА покрытием на титане имеет минимальные значения краевого угла смачивания, среди всех исследуемых образцов. Для него характерно уменьшение краевого угла в течение 30 мин после посадки капли от 92 до 43°. Скорость уменьшения составляет 2°/мин. Кроме того, значения угла смачивания в течение 10 минут после посадки капли достигает величины, удовлетворяющей расплыванию фибробластов на поверхности имплантата.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Эппле М. Биоматериалы и биоминерализация. Пер. с нем. Под ред. В.Ф. Пичугина, Ю.П. Шаркеева, И.А. Хлусова. Томск: Ветер, 2001.– 137с.
2. Чайкина М.В. Механохимия природных и синтетических апатитов.– Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2002. – 223 с.
3. Sun L., Berndt C.C., Gross K.A., Kucuk A. Material Fundamentals and Clinical Performance of Plasma-sprayed Hydroxyapatite coatings // J. Biomed. Mater. Res. – 2001. – V. 58. – N. 5. – P. 570–592.

ОСТЕОГЕННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ВЧ-МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Грибенников М.В., Сурменова М.А., Городжа С.Н.

Научный руководитель: Сурменев Р.А. к.ф.-м.н., с.н.с, доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: grmmvv@yandex.ru

На текущий момент проблема нанесения на материалы медицинский имплантатов биосовместимых покрытий является одной из самых актуальных. Наносимые покрытия должны быть нетоксичными, не должны вызывать иммунных реакций, не деградировать при взаимодействии с живой тканью, иметь высокую адгезию к поверхности, не создавать абразивный эффект в подвижных элементах.

Одним из таких материалов является гидроксиапатит (ГА) – $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, один из представителей класса кальций-фосфатных (СаР) материалов, широко используется в качестве исходного материала для синтеза покрытий медицинского назначения. ГА является неорганической составляющей костного матрикса со стехиометрическим соотношением кальция к фосфору $\text{Ca/P}=1,67$.

Основными технологическими методами формирования биосовместимых покрытий являются плазменное напыление и метод лазерной абляции. Однако эти методы имеют ряд недостатков. Метод ВЧ-магнетронного распыления позволяет варьировать элементный состав и другие свойства покрытия путём изменения состава исходной мишени для распыления и параметров напыления (мощность разряда, рабочий газ и др.) [1]. Другое неоспоримое преимущество этого метода – высокая адгезионная прочность покрытий.

Объектами исследования данной работы служили покрытия, сформированные методом ВЧ-магнетронного распыления мишени, приготовленной из ГА. Целью работы являлось исследование физико-химических свойств сформированных методом ВЧ-магнетронного распыления покрытий, влияние рельефа искусственной поверхности на реакцию культуры клеток, а также изучение остеогенного потенциала полученных покрытий.

Материалы и методы

Для напыления покрытий использовалась промышленная установка 08ПХО-100Т-005 с магнетронным источником (5,28 МГц). Для формирования покрытий были установлены следующие параметры: рабочее давление – 0,1 Па (предельное давление в вакуумной камере 10^{-4} Па), расстояние между мишенью и подложками – 40 мм, рабочий газ – аргон, мощность ВЧ-генератора – 250 Вт, плотность мощности – $0,5 \text{ Вт}\cdot\text{см}^{-2}$. Мишень для распыления была приготовлена путем прессования и последующего спекания синтетического стехиометрического ГА на воздухе при температуре 1100°C в течение 1 ч на воздухе. После процедуры спекания, материал мишени сохранил

структуру ГА с величиной отношения $\text{Ca/P}=(1,67\pm 0,02)$.

Исследования морфологии и элементного состава полученных покрытий проводились с использованием сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Quanta 200 ESEM FEG фирмы FEI, со встроенной приставкой энергодисперсионного рентгеновского анализа (ЭДРА). Для определения фазового состава сформированного СаР покрытия использовался рентгенофазовый анализ (РФА) (дифрактометр Shimadzu XRD-7000). Для интерпретации дифрактограмм использовалась база данных International Center for Diffraction Data (ICDD). Анализ молекулярных связей в покрытиях осуществлялся с использованием метода Фурье ИК-спектроскопии. Спектры оптического поглощения в получены на приборе Bruker Vertex 70 в диапазоне $400\text{--}4000 \text{ см}^{-1}$.

Для исследования цитотоксичности и жизнеспособности клеток использовались два вида клеточных культур: первичные клетки человека (Th Clone 4) и мышинные фибробласты линии NCTC L929.

Исследование цитотоксичности проводили с использованием вытяжек и самих материалов согласно требованиям ГОСТ Р ИСО 10993.5-99.

Оценку жизнеспособности клеток проводили с помощью calorиметрического МТТ-теста, основанного на восстановлении бесцветной соли тетразолия [2]. Образцы с ГА покрытием были разделены на три группы по толщине напыленного покрытия. Толщины покрытий составляли 168 ± 16 , 246 ± 38 и 440 ± 106 нм для первой, второй и третьей группы, соответственно.

Результаты и обсуждение

Морфология покрытий, полученных при ВЧ-магнетронном распылении на подложке из титана, представлена на рис 1. Установлено, что поверхность сформированных методом ВЧ-магнетронного распыления покрытий является однородной, плотной, не содержит видимых дефектов, трещин и сколов, нанесённое покрытие повторяет рельеф поверхности подложки. Основными элементами рельефа являются островки в виде «куполообразных» зерен. Исследования динамики роста покрытия показывают, что на начальных этапах роста (15 мин напыления) покрытие полностью закрывает поверхность подложки.

Результаты РФА сформированных покрытий, напылённых при мощности 250 Вт, представлены на рис. 2. Кроме рефлексов, соответствующих кристаллическому ГА, на дифрактограммах не обнаружены рефлексы, относящиеся к другим кальций-фосфатам или кристаллическому СаО.

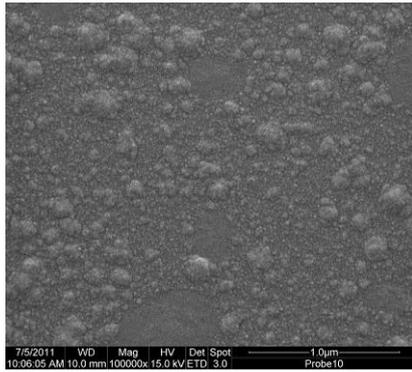


Рис. 1 – СЭМ-изображение поверхности СаР покрытий, сформированных методом ВЧ-магнетронного распыления.

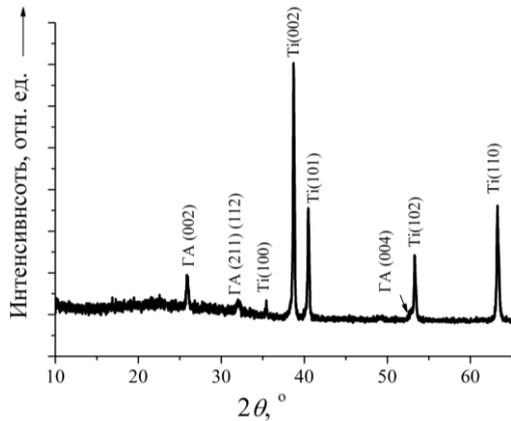


Рис. 3 – Рентгенограмма покрытий, сформированных методом ВЧ-магнетронного распыления

Проведённое исследование поведения клеток при культивировании их с образцами материалов позволило выявить, что образцы материалов Ti и Ti+ГА не оказывают угнетающее воздействие на клеточную активность и не вызывают гибель клеток, что доказывает отсутствие водорастворимых фракций, оказывающих токсическое воздействие на клетки. Однако присутствие ГА оказывает положительное воздействие на клеточную активность, что подтверждается результатами МТТ-теста (рис. 3 и 4) и результатами флуоресцентной микроскопии.

Помимо благоприятной среды, был отмечен факт наличия зависимости количества и пролиферативной активности клеток от толщины покрытия. Так, на покрытиях из первой группы (168±16 нм) отмечается наименее интенсивный рост клеток. Для таких покрытий характерно свободное расположение клеток; количество групп клеток ограничивается двумя-тремя; количество распластавшихся/начавших распластывание клеток незначительно.

На образцах из второй группы (246±38 нм) отмечается большая ($\approx 9^{1 \text{ сут.}}/32^{3 \text{ сут.}}$) клеточная активность. Несмотря на небольшой срок культивации приблизительно 50% клеток на поверхности начинают распластываться; свободное расположение клеток на поверхности образца уже менее характерно, но имеет место быть; большая часть

клеток находится в группах; ориентировочная плотность клеточного покрова 60% от монослоя.

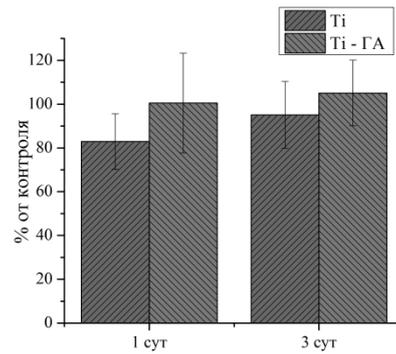


Рис. 3 – Результаты МТТ при инкубации клеток линии NCTC L929

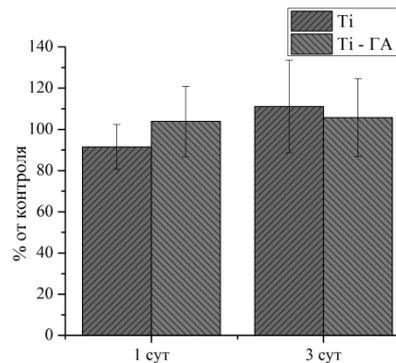


Рис. 4 – Результаты МТТ при инкубации клеток линии Th Clone 4

Для покрытий из третьей группы (440±106 нм) прирост клеточной активности в сравнении с низкой толщиной составляет $\approx 24^{1 \text{ сут.}}/52^{3 \text{ сут.}}$ %. Все клетки на таком покрытии распластаны и находятся в группах; единичных свободных клеток на поверхности образцов нет; ориентировочная плотность клеточного покрова составляет 93–98% от монослоя.

Заключение

Результаты биологических исследований показали, что ГА покрытия являются благоприятными для клеточной активности и способны поддерживать адгезию и пролиферацию клеток. Угнетения метаболической активности изучаемых клеточных культур не выявлено.

Авторы выражают благодарность Селезневой И.И. (Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, г. Пущино) за проведение биологических тестов, а также проф. М. Эппле (Университет Дуйсбург-Эссен) за содействие в анализе свойств биокomпозитов.

ЛИТЕРАТУРА

1. R.A. Surmenev, A review of plasma-assisted methods for calcium phosphate-based coatings fabrication, *Surface & Coatings Technology*. – V. 206. – I. 8-9. – 2012. – P. 2035–2056.
2. Darzynkiewicz Z. Features of apoptotic cells measured by flow cytometry / Darzynkiewicz Z. Bruno S. Del Bino G. Gorczyca W. Hotz MA. Lassota P. // *Cytometry*. – 1992. – 13(8) – P. 795–808.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРИСТОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Губич И.А.

Научный руководитель: Аверин И.А., д.т.н., профессор

ФГБОУ ВПО Пензенский государственный университет, 634050, Россия, г. Пенза, ул.Красная 40

E-mail: micro@pnzgu.ru

Вхождение нанотехнологий в электронику приводит к формированию материалов с принципиально новыми электрофизическими и химическими свойствами, что обуславливает создание приборов нового поколения. Исследования в данной области относятся к приоритетным направлениям развития науки и техники в Российской Федерации.

Для создания нанoeлектронных устройств и материалов возможно использование двух стратегий:

- стратегия «сверху – вниз» - в этом случае наносистемы создаются в объемном материале (классические процессы на основе кремниевой технологии);

- стратегия «снизу - вверх» - наносистемы создаются из атомно-молекулярных блоков путем их самоорганизации в сложные структуры.

Каждая из вышеперечисленных стратегий имеет свои преимущества и недостатки.

К одному из перспективных материалов, относящихся к стратегии формирования «снизу - вверх», является пористый оксид алюминия (*por-Al₂O₃*). В зависимости от условий синтеза, в частности, от природы используемого электролита, могут образовываться два типа оксидных плёнок (рисунок 1). Пленки барьерного типа формируются в не растворяющих оксид алюминия электролитах ($5 < pH < 7$), например, в растворах борной кислоты. Пленки пористого типа могут быть получены в слаборастворяющих электролитах, таких как серная, фосфорная и щавелевая кислоты. Оксидные пленки обоих типов состоят из двух слоев: внутреннего и внешнего. Внутренний слой представляет собой чистый оксид алюминия, в то время как внешний содержит примеси различных ионов.

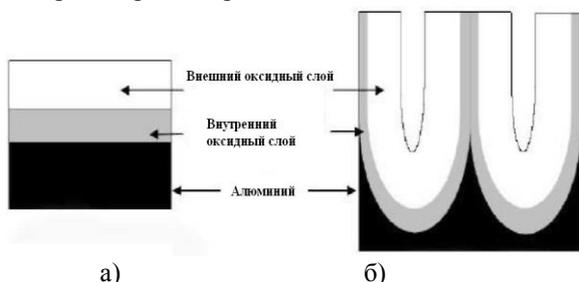


Рисунок 1 – Схематическое изображение оксидных пленок на алюминии беспористого (а) и пористого (б) типов

Структура *por-Al₂O₃* представляет собой массив гексагональных вертикально расположенных оксидных ячеек с вписанной в центр порой (см. рисунок 2).

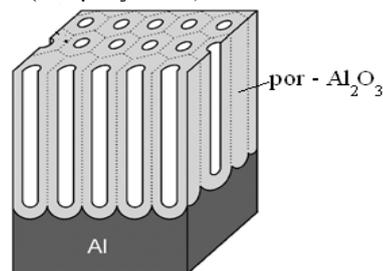


Рисунок 2 – Схематичное изображение ячейки пористого оксида алюминия

В основе образования пористого слоя на алюминии лежит процесс самоорганизации, т.е. сборка наночастиц в определенную структуру путем приложения к ним внешнего воздействия.

На формирование пористого оксида влияют несколько факторов, таких как электрические параметры (напряжение и плотность тока), тип электролита и температура электролита (в зоне реакции).

Формируют пористый оксидный слой на алюминии в гальвано – или потенциостатическом режимах. Основные характеристики приведены ниже (рисунок 3).

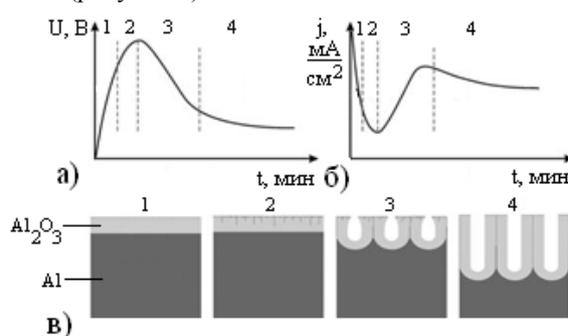


Рисунок 3 – Схематичное изображение роста *por-Al₂O₃* в гальвано- (а) и потенциостатическом (б) режимах формирования пор и постадийное графическое изображение (в)

На поверхности чистого алюминия с течением времени образуется оксидная пленка барьерного типа (1), которая состоит из непроводящего оксида и достаточно однородно покрывает поверхность алюминия. В электрохимической ячейке электрическое поле локализуется на неоднородностях поверхности оксидной пленки (2), что приводит к растворению

формирующего оксида тем более интенсивного, чем выше неоднородность поля. Таким образом, в областях наибольшей неоднородности поверхности происходит рост пор (3), усиливающийся как при увеличении температуры, так и при усилении поля. Конкуренция между соседними порами во время роста приводит к стабилизации процесса упорядоченного роста пор (4) [1].

В зависимости от типа электролита формируются оксидные пленки с порами различного диаметра (рисунок 4). Это объясняется разницей в способности встраивания анионов электролитов в оксидную пленку, которая возрастает от фосфорной к серной кислоте ($\text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{COOH} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$). Этим объясняются различные диапазоны используемых напряжений: в серной кислоте 5-25 В; в щавелевой 30-60 В и в фосфорной 60-150 В. Указанные границы могут смещаться в зависимости от температуры электролита [2].

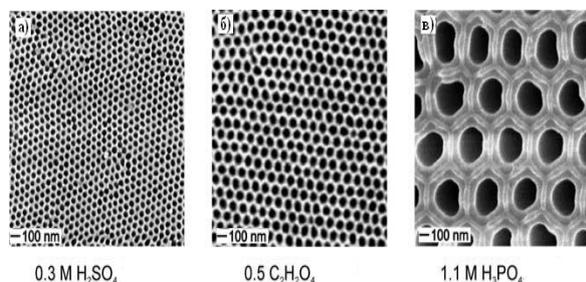


Рисунок 4 – РЭМ изображения $por\text{-Al}_2\text{O}_3$, полученные в серной (а), щавелевой (б) и фосфорной (в) кислотах

Температура в зоне реакции играет важную роль в процессе упорядочения пористой структуры. При понижении температуры до 0°C равновесие между процессами образования и растворения оксида алюминия нарушается, что приводит к преобладанию процесса образования пористого оксида. Однако, при температурах ниже 0°C для предотвращения замерзания электролита необходимо использовать смачиватели.

Варьируя вышеперечисленные условия синтеза возможно создание нужной пористой морфоструктуры поверхности с заданными геометрическими параметрами пор.

Матрицы пористого оксида алюминия обладают следующими отличительными особенностями:

- регулярная, близкая к идеально упорядоченной структура;
- относительная простота управления размерами пор в широком диапазоне;
- высокая однородность пористой структуры, получаемой на больших площадях;
- хорошая воспроизводимость процесса изготовления.
- совместимость процесса получения ПОА со стандартными операциями микроэлектроники [2].

Все вышеперечисленные особенности морфоструктуры пористых оксидных пленок на алюминии делают перспективным их использование в качестве, как основного, так и дополнительного материала для отрасли приборостроения.

Таким образом, исследованные основные процессы формирования $por\text{-Al}_2\text{O}_3$ позволили установить влияние условий получения на параметры пористой структуры.

Работа выполнена в рамках гранта по программе «У.М.Н.И.К.» (договор №8/16798 от 01 февраля 2012 г).

Список использованных источников

1. Jessensky O., Müller F., Gösele U. Self-organized formation of hexagonal pore arrays in anodic alumina // Applied Physics Letters. - 1998. - V.72. - P. 1173–1175.
2. Чаплыгин Ю.А. (ред) Нанотехнологии в Электронике. - М.: Техносфера, 2005. - 450 с.

СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ СОСТОЯНИЯ В ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ НИКЕЛИДА ТИТАНА ПОСЛЕ МАГНЕТРОННОГО ОСАЖДЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ ТАНТАЛА

Гудимова Е.Ю., Остапенко М.Г.

Научный руководитель: Мейснер Л.Л., д.ф.-м.н., в.н.с.

Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН,
634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4

E-mail: egu@ispms.tsc.ru

С начала 60-х годов прошлого столетия ведутся интенсивные исследования сплавов на основе никелида титана, как в России, так и за рубежом [1-2]. Благодаря уникальным свойствам, таким как эффект памяти формы, сверхэластичность и биосовместимость, расширяются возможности их практического применения в технике и медицине. При использовании сплавов на основе никелида титана в качестве материалов для изготовления медицинских имплантатов требуется повышение их коррозионной стойкости, рентгеноконтрастности (в случаях, когда размеры имплантатов измеряются сотнями микрометров) и, вместе с тем, сохранение материалом имплантата эффектов памяти формы или сверхэластичности.

Известно [3], что покрытия из тантала сравнительно малой (субмикронной) толщины заметно поглощают рентгеновское излучение, обладают свойствами рентгеноконтрастности и хорошей биосовместимостью. Можно предполагать, что наличие таких покрытий на поверхности никелида титана позволит повысить рентгеноконтрастность имплантатов до необходимого уровня.

Среди различных методов создания покрытий наиболее привлекательным для решения данной задачи представляется метод магнетронного осаждения металлов, который позволяет создать тонкие, обладающие высокими механическими характеристиками, покрытия, однородные по химическому составу и равномерные по толщине [4]. Из-за миниатюрности медицинских изделий свойства поверхностных слоев играют важную роль, что заставляет исследователей уделять повышенное внимание самой поверхности, приповерхностным слоям различной толщины и их свойствам.

Цель данной работы – исследование структурно-фазовых состояний образцов никелида титана до и после магнетронного осаждения покрытий из тантала.

Сплав для исследований был выплавлен в электродуговой печи (с шестикратным переплавом слитка) из иодидного титана и никеля марки НО, взятых в экваторном соотношении. Слиток гомогенизировали при $T=1273$ К в течении 6 часов и затем охлаждали с печью. Приготовленные из слитка методом электроэрозионной резки образцы после химической очистки поверхности подверглись заключительной термообработке – отжигу при температуре $T=1073$ К в течение 1 часа с последующим охлаждением в печи. После этого образцы электролитически отполировали. В результате, при комнатной температуре исходные образцы сплава (далее – образцы TiNi) характеризовались двухфазным состоянием из основной фазы со структурой B2 (ОЦК-структура, упорядоченная по типу CsCl, параметр решётки $a_{\text{исх}}=3.0188\pm 0.0005$ Å соответствовал составу $\text{Ti}_{49.5}\text{Ni}_{50.5}$) и небольшого количества (< 5%об.) фазы Ti_2Ni . Последующее магнетронное осаждение покрытий из тантала проводилось в ИСЭ СО РАН при следующем режиме: $U = 387$ В, $I = 2.14$ А, $P = 0.82$ кВт, $f = 50$ кГц, $t = 4$ мин.

Рентгеноструктурные исследования структурно-фазовых состояний фаз, формирующихся в покрытии, интерфейсе и приповерхностных слоях подложки из TiNi проводили с использованием симметричной и асимметричной (с углами скольжения $\alpha = 3^\circ, 6^\circ, 12^\circ$) геометрии съемки на дифрактометре ДРОН-7 (ЦКП «НАНОТЕХ» ИФПМ СО РАН, г. Томск) в Co-K_α излучении и Shimadzu XRD-6000 (Shimadzu, ЦКП ТГУ, г. Томск) в Cu-K_α излучении. Оптическая металлография проводилась на микроскопе Axiovert 200 MAT (ЦКП «НАНОТЕХ» ИФПМ СО РАН, г. Томск).

Из рисунка 1 видно, что наличие покрытия из тантала не влияет на морфологию поверхности образцов TiNi.

Установлено, что на рентгенограммах исследуемых образцов, полученных по

симметричной схеме съемки, присутствуют рефлексы В2-фазы и Ti_2Ni материала подложки, а так же рефлексы фаз α -Ta и β -Ta материала покрытия (Рис. 2).

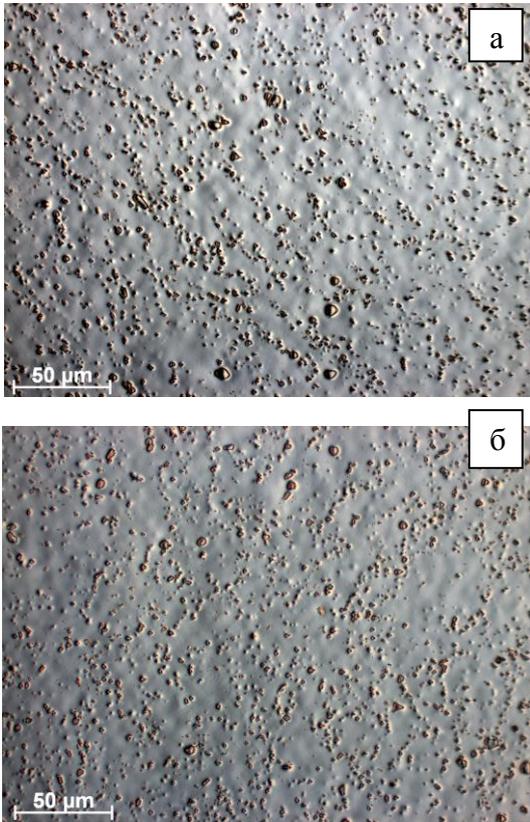


Рис. 1. Микрофотографии поверхности образцов TiNi до (а) и после (б) осаждения покрытия из тантала

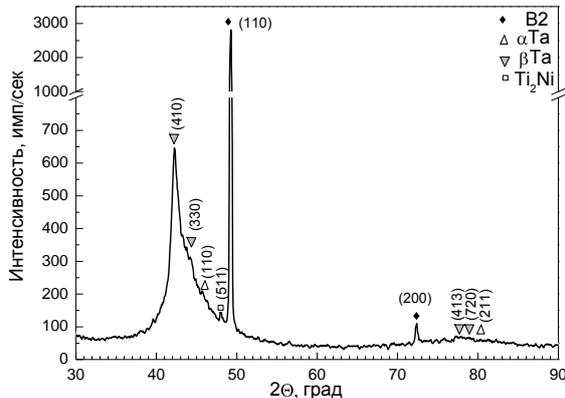


Рис. 2. Фрагмент рентгенограммы образца с покрытием из тантала, симметричная схема съемки, $Co-K_{\alpha}$ излучение

Прецизионно, с построением экстраполяционных графиков зависимости параметров элементарных ячеек от функции

$$f(\theta) = \frac{1}{2} \left(\frac{\cos^2 \theta}{\sin \theta} + \frac{\cos^2 \theta}{\theta} \right),$$

были определены

параметры элементарных ячеек В2-фазы подложки ($TiNi$). Установлено, что после осаждения покрытия параметр решетки фазы В2

уменьшился по отношению к его значению в исходном образце без покрытия ($a_{исх} = 3.0188 \pm 0.0005 \text{ \AA}$) и составил $a_{В2} = 3.0165 \pm 0.0005 \text{ \AA}$.

Качественная оценка размеров D областей когерентного рассеяния (ОКР) по формуле Дебая-Шеррера до и после осаждения покрытий показала, что в примыкающем к покрытию поверхностном слое сплава $TiNi$ размеры ОКР в фазе В2 не изменяются по величине ($D > 100 \text{ нм}$), тогда как в покрытии из тантала $D \sim 30 \text{ нм}$. Таким образом, в результате магнетронного осаждения на поверхности $TiNi$ сформировалось покрытие с наноструктурой, при этом структурно-фазовое состояние самой подложки изменяется незначительно.

Авторы выражают благодарность к.т.н., с.н.с. ИСЭ СО РАН Сочугову Н.С. и к.т.н., м.н.с. ИСЭ СО РАН Соловьеву А. А. за помощь в организации и проведение работ по магнетронному осаждению покрытий.

Исследования структурно-фазовых состояний исходных материалов проведены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Государственный контракт № 16-522-11-2019-2), исследование материалов после осаждения покрытия из тантала выполнены в рамках проекта СО РАН III.23.2.1.

Список литературы:

1. Физическая мезомеханика и компьютерное конструирование материалов / Под ред. В.Е. Панина – Новосибирск: «Наука», 1995. – Т.2. – 320 с.
2. Otsuka K., Ren X. Physical metallurgy of Ti–Ni-based shape memory alloys // Progress in Materials Science. – 2005 – V.50 – 511–678 pp
3. Cheng Y., Cai W., Li H.T., Zeng Y.F. Surface modification of TiNi alloy with tantalum to improve its biocompatibility and radiopacity // O Mater Sci – 2006 – V.41 – 4961-4964 pp.
4. Данилин Б.С., Сырчин В.К. Магнетронные распылительные системы. – М.: «РАДИО И СВЯЗЬ», 1982. – 72 с.

НАНЕСЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ КАРБИДА ТИТАНА НА МЕДНЫЕ ПОДЛОЖКИ

Даваа А.В., Макарова А.Ф.

Научный руководитель: Сивков А.А., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, ул.Усова, 7
E-mail: arsenaldavaa@mail.ru

В последние годы все больший интерес уделяется нанопорошкам сверхтвердых материалов, которые уже нашли применение во многих областях - электронике, изготовлении лезвийного и режущего инструментов, абразивных материалов, косметологии, стоматологии [1]. Проблема получения тонкодисперсных порошков металлов, сплавов, соединений и сверхмелкозернистых материалов из них, предназначенных для различных областей техники, давно обсуждается в литературе. Существующие традиционные технологии, основанные на различных методах их получения достаточно сложны, как правило, они являются многостадийными и длительными по времени, требуют громоздкого и дорогостоящего оборудования, больших энергозатрат и выполнения требований безопасности и экологичности. Все еще не существует предельно простых способов и технологий получения нанодисперсных кристаллических сверхтвердых материалов. В частности, материалов на основе титана, перспективных для использования в качестве сверхтвердых абразивов и полирующих материалов, для изготовления твердосплавных компактных элементов с нанокристаллической структурой и для нанесения упрочняющих покрытий. Особый интерес представляют покрытия титана и его карбида на медной подложке. Медь является широко применяемым материалом в электронном приборостроении. В связи с тем, что при высоких температурах она активно испаряется, в ряде случаев возникает необходимость использования защитного покрытия, в частности наноструктурированного карбида титана, выдерживающего резкие смены температур и обладающего высокой механической прочностью – вплоть до 2000 К [2].

С целью исследования возможности получения покрытия карбида титана на медной подложке с помощью кинетического магнитоплазменного ускорителя был проведен опыт. Конструкция КМПУ [3], примененного в этом опыте, более подробно приведена в работе [4]. В качестве исходного реагента в канал формирования плазменной структуры закладывался порошок карбида титана со средним размером частиц до 40 мкм в количестве 1,3 г. В результате было получено равномерное покрытие темно-синего цвета на медной подложке, как показано на рисунке 1.

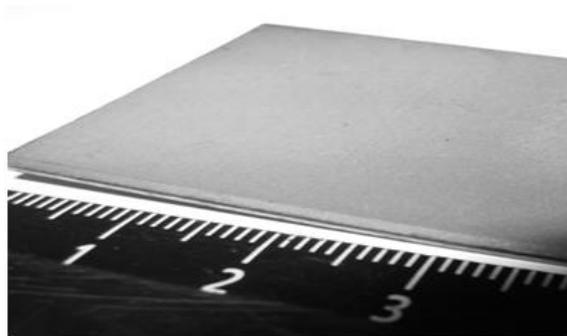


Рис.1. Снимок подложки после воздействия плазменной струи

С помощью рентгеноструктурного анализа определили фазовый состав покрытия. На рисунке 2 приведена рентгеновская дифрактограмма покрытия, полученная с помощью рентгеновского дифрактометра Shimadzu XRD6000 (Cu-K α). Полнопрофильный анализ дифрактограммы покрытия проведен с использованием программы "PowderCell2.4" и базы структурных данных PDF4+, результаты которого представлены в таблице 1. Наилучшие показатели сходимости получены при суперпозиции расчетных спектров кристаллических фаз карбида титана с кубической сингонией TiC {SG F4/m-3 2/m} и меди Cu {SG F4/m-3 2/m}. Доминирующей фазой покрытия является карбид титана с содержанием в 99,8 %. Средний размер областей когерентного рассеивания для TiC составляет 26 нм, а для Cu – 16 нм.

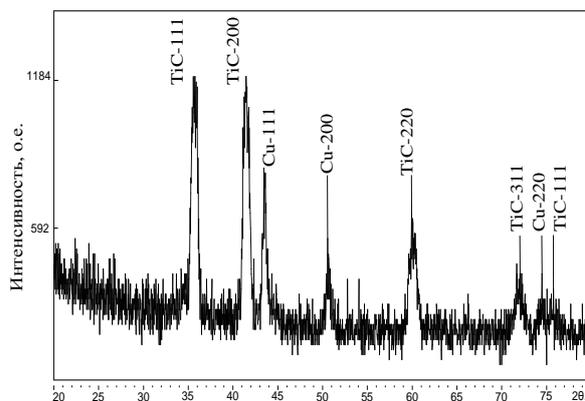


Рис.2. Рентгеновская дифрактограмма подложки после воздействия плазменной струи

Таблица 1. Данные рентгеноструктурного анализа фазового состава

Фаза, простр. группа	Содерж., % масс	ОКР, нм	Параметр решетки расчет/ PDF
			a
TiC F4/m-3 2/m	99.8	26.0	4.3280/4.3491
Cu F4/m-3 2/m	0.2	16.0	3.6150/3.5969

С целью более подробного исследования поверхность покрытия была изучена с помощью растровой электронной микроскопии. Изображения поверхности, сделанные с помощью микроскопа Hitachi TM 3000, представлены на рисунке 3.

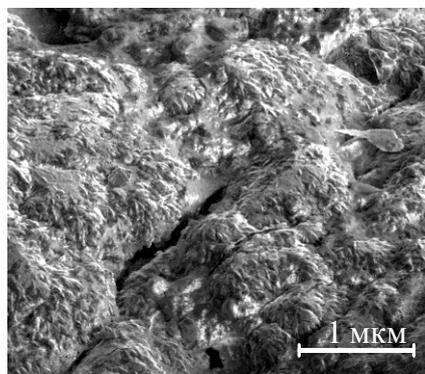


Рис.3. РЭМ-изображение поверхности пленки

Как видно на рисунке, покрытие имеет неровную поверхность, имеются бугорки и трещины размерами от 2 мкм до 5 мкм. Также наблюдается, что поверхность имеет зернистую структуру.

Далее был определен химический состав покрытия энергедисперсионным методом. Результаты анализа, полученные в точках в профильном срезе покрытия, приведены в таблице 2.

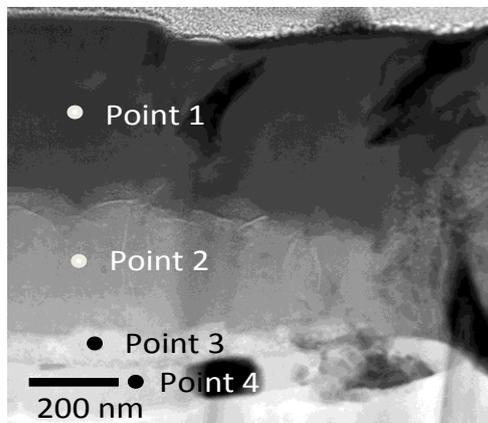


Рис.4. Изображение профильного среза покрытия

Таблица 2. Результаты энергедисперсионного анализа

Element	Weight%	Atomic%
Point 1		
C (K)	47	77
Ti (K)	52	22
Cu (K)	3	1
Point 2		
C (K)	25	60
Ti (K)	30	19
Cu (K)	45	21
Point 3		
Ti (K)	19	23
Cu(K)	81	77
Point 4		
Ti (K)	18	23
Cu(K)	82	77

Из рисунка 4 видно, что покрытие имеет слоистую структуру. Толщина покрытия составляет до 1 мкм. Верхний слой (Point 1) толщиной около 400 нм, состоит из Ti и C. Далее отчетливо виден слой граничного перемешивания, где все 3 элемента представлены примерно в равном количестве. Также видно внедрение небольшого количества титана в структуру подложки на глубину до 100 нм.

В ходе проделанной работы была доказана принципиальная возможность нанесения нанодисперсного карбида титана в гиперсверхзвуковой струе титано-углеродной плазмы, генерируемой коаксиальным магнетроном ускорителем. Данный вывод был сделан на основе анализа продукта методом рентгеновской дифрактометрии, растровой электронной микроскопии и анализа элементного состава.

Далее в ходе дальнейшего исследования покрытия определили толщину покрытия. Определено, что покрытие имеет слоистую структуру, со слоем граничного перемешивания покрытие – подложка.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Инструменты из сверхтвердых материалов / Под ред. Н.В. Новикова. – М.: Машиностроение, 2005. – 555 с.
2. Ю.А. Быстров, Н.З. Ветров, А.А. Лисенков. Плазмохимический синтез карбида титана на медных подложках // Письма в ЖТФ. – 2011. – т. 37. - №15. – с. 33-39.
3. Пат. 2150652 РФ. 7F41B 6100. Коаксиальный ускоритель / Сивков А. А. Заявлено 24. 02. 1999; Опубл. 10. 060 2000.
4. А.В. Даваа, А.Ф. Макарова. О возможности нанесения наноструктурированных покрытий на основе титана с помощью коаксиального ускорителя // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: Труды XIV Международного студенческого научно-технического семинара: в 2-х томах – Томск, 2012 г. – т.1 – с. 170-173.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТАЛИ

Дурновцева А.Н., Ваулина О.Ю.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: volgay@tpu.ru

Все изготовленные из стали изделия в процессе их получения и эксплуатации подвергаются воздействию многократно изменяющихся температур. В настоящее время можно считать установленным, что имеющийся опыт и научное обоснование технологии позволяют на отдельных стадиях производства во все возрастающем масштабе использовать изменение температуры для целенаправленного влияния на свойства материала.

В работе исследовались стали перлитного класса – доэвтектоидные (ст40 и ст40X) и заэвтектоидную (У12).

Цель работы – рассмотреть влияние разных видов термической обработки на структуру и свойства сталей перлитного класса.

Для выбора вида термической обработки стали, интервала температур пользуются диаграммой состояния сплавов железо-углерод или диаграммами состояния систем сплавов, а также учитывают технологию изготовления и области применения изделий.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов исследования была выбрана ст40, ст40X и У12 (состав указан в табл.1).

Образцы исследования представляли собой цилиндры высотой 15мм, диаметром 15. Для структурных исследований готовили поверхность шлифованием, полировкой и травлением спиртовым раствором «царской водки» (1 часть азотной кислоты и 3 части соляной кислоты). Структуру исследовали на металлографическом микроскопе ЛабоМет-И с системой визуализацией.

Для измерения микротвердости использовали прибор микротвердомер ПМТ-3. Испытание на твердость по сравнению с другими видами механических испытаний имеет ряд преимуществ. Во-первых, это экономичный и практичный метод исследования. Во-вторых, для данного испытания не требуется изготавливать специальные образцы. В-третьих, размеры отпечатка настолько малы, что не портят поверхности детали.

Универсальной пропорциональности между макро- и микротвердостью нет. Однако приблизительное соотношение все же имеется, так для нагрузки 50-100гс зависимость между твердостью макротвердостью HV и микротвердостью H_ц отвечает выражению HV=(0.7-0.8)H_ц [1]. А для перевода твердости по Викерсу в другие единицы существуют таблицы.

Таблица 1. Химический состав в % материала

Марка стали	C	Si	Mn	Cr
У12	1,1 – 1,29	0,17 – 0,33	0,17 – 0,33	до 0,2
40	0.37 - 0.45	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.25
40X	0.36 - 0.44	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	0.8 - 1.1

Результаты исследования

Сначала была исследована исходная структура всех образцов. Исходные структуры сталей соответствуют равновесной структуре, указанной на стандартной диаграмме железо-углерод [2]. Для инструментальной стали У12 это перлит + цементит, для сталей 40 и 40X это перлит + феррит. Твердость для сталей в исходном состоянии составила: У12–62HRC (миротвердость (H_ц) составила 2300МПа), ст40 - 47 HRC (H_ц=1570 МПа), ст40X - 51 HRC (H_ц=1670МПа).

Твердость инструментальной стали выше, чем углеродистый вследствие равновесной структуры – твердость цементита значительно выше, чем твердость феррита. Твердость стали 40X выше, чем у стали 40 за счет легированного хромом феррита.

Дальше все стали были подвергнуты отжигу – для сталей 40 и 40X был выбран полный отжиг с режимом обработки: для ст40 - температура 800°C, для ст40X - 850°C, время выдержки 30 минут; для стали У12 – выбрали неполный отжиг: температура 750°C, время выдержки 30 минут. Во всех случаях применили медленное охлаждение с печью. Для заэвтектоидных сталей (У12) полный отжиг, как правило, не применяют, чтоб избежать формирование грубой цементитной сетки, которая заметно снижает механические свойства стали.

После описанной обработки в стали У12 в аустените остается большое число нерастворившихся частиц цементита, которые служат центрами кристаллизации во время распада аустенита. В результате образуется структура зернистого перлита (сферодита, который состоит из ферритной матрицы с включениями цементита) (рис.1а). Зернистый перлит обладает меньшей твердостью. Эта структура приводит сталь к более устойчивому состоянию, снижает твердость и прочность, снимает внутренние напряжения и улучшает обрабатываемость стали. Твердость несколько снизилась 60HRC (H_ц=2000МПа), что характерно для отожженных структур.

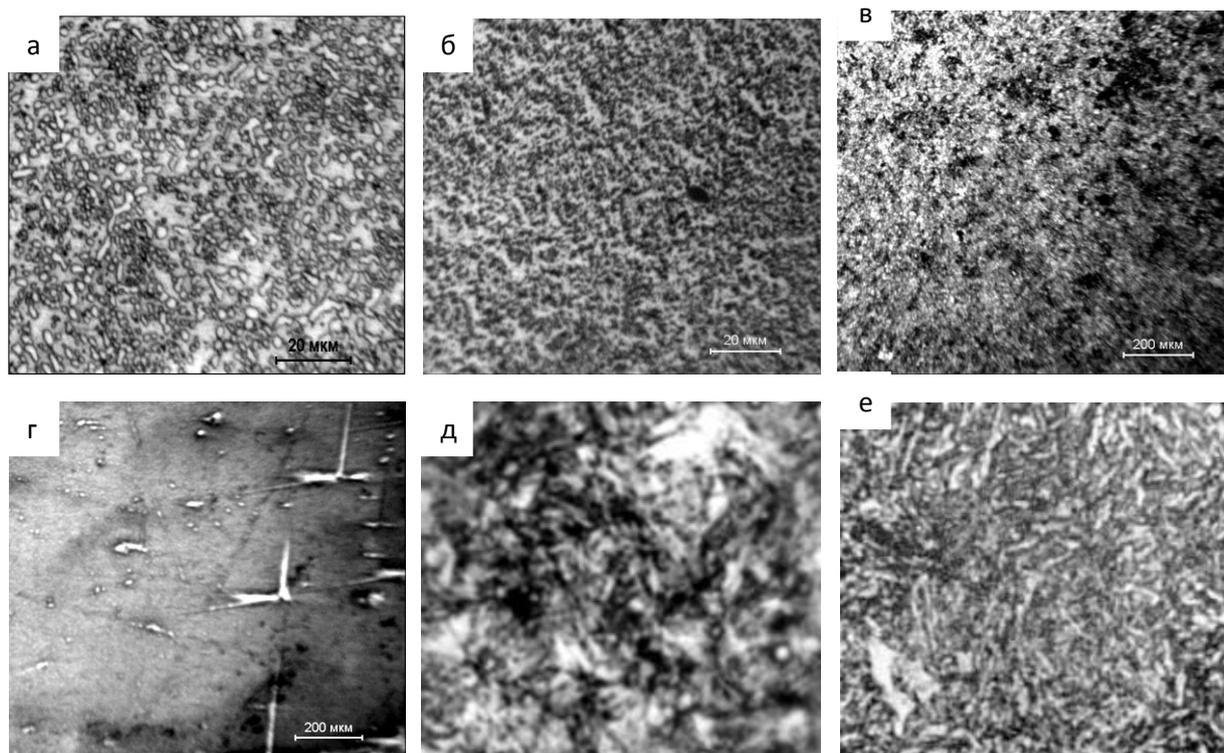


Рисунок 1. Структура сталей после термической обработки: а) отжиг У12, б) отжиг ст40, в) отжиг ст40Х, г) отжиг ст40Х (нетравленный образец), д) закалка У12, е) отпуск У12

Отожженные стали 40 и 40Х имеют схожие структуры - феррит + перлит (рис.1б, в), только в стали 40Х еще наблюдаются карбиды хрома. Частицы хрома особенно заметны на нетравленной поверхности (рис.1г). Твердость у этих сталей после отжига также понизилась: для стали 40 – 28 HRC ($H_{\mu} = 970$ МПа), для стали 40Х – 43 HRC ($H_{\mu} = 1350$ МПа).

Оптимальный режим нагрева под закалку для заэвтектоидных сталей составляет $AC1 + (30 \pm 50)^\circ$, т.е. для У12 – $760-780^\circ\text{C}$. При этом после закалки имеем мелкое зерно, обеспечивающее наилучшие механические свойства стали У12.

Нагрев и выдержка стали У12 при температуре 850°C перед закалкой приводит к росту зерна и ухудшению механических свойств стали после термической обработки.

Поэтому для закалки мы взяли ту же температуру, что и для отжига 750°C , выдержали 30 мин. и быстро охладили в воде. Структура после закалки – мартенсит с цементитной фазой (рис.1д).

При таком нагреве перлит полностью превращается в аустенит, а часть вторичного цементита остается нерастворенной, структура состоит из аустенита и цементита. После охлаждения со скоростью больше критической аустенит превращается в мартенсит.

Структура закаленной стали представляет собой пересыщенный твердый раствор углерода в железе, что вызывает сильные внутренние напряжения. Вследствие этого атомная решетка искажается, превращаясь из кубической в

тетрагональную, а сталь приобретает хрупкость и легко разрушается при ударных нагрузках.

Структура закаленной стали состоит из мартенсита и цементита. Наличие в структуре закаленной заэвтектоидной стали кроме мартенсита еще и цементита повышает твердость и износостойкость стали ($H_{\mu} = 3580$ МПа).

Для стали У12 также провели высокий отпуск при температуре 400°C в течение 4 часов. Структура стали после закалки и высокого отпуска – сорбит отпуска (рис.1е). микротвердость после отпуска уменьшилась и составила 2800 МПа.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука».

Заключение

Закреплены практические навыки по проведению термической обработки сталей. Проведены исследования структур после разных видов термической обработки. Для всех случаев измерена микротвердость и переведена по таблицам в единицы твердости по Роквеллу. В дальнейшем планируется провести оставшиеся обработки для сталей 40 и 40Х с соответствующим анализом.

Литература

1. Григорович В. К. Твердость и микротвердость металлов. – Институт металлургии им. А. А. Байкова. — М. : Наука, 1976г. — 230 с.
2. Лахтин Ю. М. Металловедение и термическая обработка металлов. Учебник для вузов. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО «ТИД «Аз-Book», 2009. – 448 с.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПЕНОСТЕКОЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ К ДЕЙСТВИЮ АГРЕССИВНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Душкина М.А.

Научный руководитель: Казьмина О.В., д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: dushkina89@mail.ru

Пеностекло, обладая рядом ценных свойств, находит широкое применение, как в жилищном строительстве, так и при изоляции промышленных установок и трубопроводов, что повышает вероятность воздействия различных агрессивных сред в процессе эксплуатации материала. В этом случае пеностекло должно обладать устойчивостью по отношению к действию различного рода химических реагентов.

Для оценки химической стойкости существует ряд экспериментальных методов анализа, отличающихся друг от друга формой образца, температурой агрессивного вещества, продолжительностью опыта, относительными соотношениями «стекло: агрессивный реагент» и способом выражения результатов. Анализ общеприменимых методов показал, что наиболее подходящим для испытаний пеностекла является метод порошка [1], который в дополнении с методом АЭС-ИСП и измерением pH-растворов позволяет судить о химической стойкости исследуемых материалов.

В качестве объектов исследования были выбраны пеностекольные материалы модельных составов на основе стеклобоя (МС-0 – образцы из стеклобоя, МС-5 – образцы на основе стеклобоя с добавлением 5% кристаллического кварца) и пеностеклокристаллический материал (ПСКМ), полученный на основе цеолита.

Для исследования поведения пеностекольного материалы в агрессивных средах из образцов готовились порошки, которые подвергали воздействию агрессивных кислотных и щелочных реагентов согласно методикам ГОСТа [1-3]. В качестве кислотного реагента использовали 6 N раствор соляной кислоты, в качестве щелочного - растворы 1 N NaOH и 1 N Na₂CO₃, смешанные в соотношении 1:1. Порошки выдерживали при кипении 3 ч в колбах с присоединенными к ним обратными холодильниками. После кипячения отфильтровывали содержимое колб, отбирали фильтрат, для дальнейшего анализа. Порошки промывали дистиллированной водой, вместе с фильтрами помещали в фарфоровые тигли и высушивали до постоянной массы при температуре 105±5°C. После сушки порошки взвешивали и определяли потери массы (табл. 1).

Установлено, что в среднем потери массы исследуемых образцов при определении кислотоустойчивости отличаются незначительно и находятся на уровне 1 %, в то время как значения потерь массы при испытаниях на щелочестойкость

значительно выше. Это объясняется различным механизмом воздействия на стекло щелочных и кислотных реагентов. Устойчивость стекол к реагентам с pH равным 7 и ниже значительно выше, по сравнению с щелочным реагентом. Стоит отметить, что при щелочном воздействии наиболее устойчивыми являются образцы ПСКМ, что подтверждается меньшими потерями массы.

Таблица 1.

Результаты определения химической стойкости

Определяемый параметр	Обозначение образцов		
	МС-0	МС-5	ПСКМ
кислая среда			
Δm, %	1,09	1,06	1,23
Δ pH	0,19	0,16	0,3
щелочная среда			
Δm, %	10,32	8,94	7,49
Δ pH	0,14	0,07	0,10

При испытаниях порошков в щелочной среде активно вымывается остаточный газообразователь с поверхности частиц, о чем свидетельствует изменение окраски порошков после испытаний, подобного эффекта при испытании в кислой среде не наблюдается.

Значение pH определяли прямым измерением с помощью pH-meter/ion метра S80, полученные результаты приведены в таблице 1.

При анализе растворов методом АЭС-ИСП определяли количество перешедших в раствор оксидов SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, являющихся основными составляющими исследуемых стекол. Установлено (таб.2.), что в растворах, полученных после кипячения порошков исследуемых материалов в кислой среде, увеличивается процентное содержание оксидов в следующем порядке: SiO₂<Al₂O₃<Na₂O. Минимальные изменения в содержании оксидов кремния и алюминия имеет раствор, полученный при обработке ПСКМ. При воздействии на образцы модельных составов щелочи наблюдается активное вымывание SiO₂, а для образцов ПСКМ на основе стеклогранулята – Al₂O₃. Проследить миграцию Na₂O в щелочной среде не удалось, в виду высокого его содержания в контрольных растворах.

Пеностекольные материалы можно применять в качестве заполнителя бетонов, которые также являются агрессивной средой. При взаимодействии

наполнителя с жидкой фазой твердеющего цемента протекают щелоче-силикатные реакции, которые могут послужить причиной разрушения цементного камня [2]. Поэтому для оценки поведения пеностеклового материала в виде заполнителя бетонов изучали свойства материала, выдержанного в растворе, моделирующем среду, в которой протекают процессы взаимодействия цемент-заполнитель.

способствовать кристаллизации поверхности стекла.

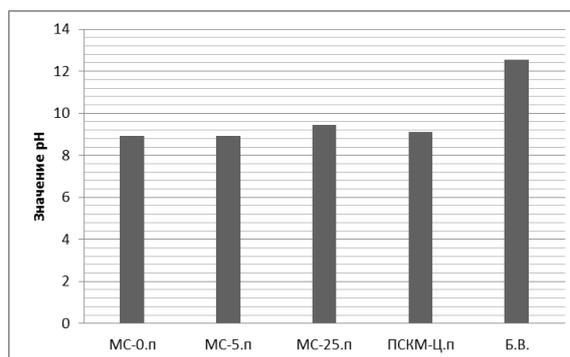


Рис. 1. Значения pH бетонных вытяжек (35 суток)

Таблица 2
Миграция компонентов из образцов в раствор

Сос-тав	Характеристика	Оксид		
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O
МС-0	состав стекла, масс. %	70,78	1,48	15,85
	Δс (кислота), %	0,55	12,07	9,09
	Δс (щелочь), %	3,16	0	-
МС-5	состав стекла, масс. %	72,17	1,41	15,09
	Δс (кислота), %	0,46	8,13	8,21
	Δс (щелочь), %	2,1	0	-
ПСКМ-Ц	состав стекла, масс. %	74	4	22
	Δс (кислота), %	0,44	5,62	17,61
	Δс (щелочь), %	0	1,4	-

Δс – количество оксида перешедшее в раствор при обработке материала в агрессивной среде.

В качестве среды моделирующей жидкую фазу твердеющего цемента использовали вытяжку из бетонов, приготовленную согласно методике изложенной в СТ СЭВ 4421 [3].

Образцы пеностеклового материала в виде гранул и порошка взвешивали и помещали в раствор - вытяжку из бетона. Навеска порошка соответствовала массе гранулы этого же состава. Объем моделирующей жидкости брали постоянный для всех образцов. Об устойчивости материалов к моделирующей среде судили по изменению pH растворов.

При взаимодействии жидкой фазы цемента с кремнеземом заполнителя расходуется щелочь, вследствие чего стоит ожидать понижение уровня pH растворов (среда должна подкисляться), при этом, чем сильнее понижается показатель pH, тем больше расходуется щелочи, что означает более активное протекание ASR-реакции, и меньшую устойчивость заполнителя.

Установлено, что на образцах гранулированных материалов наблюдается большее изменение pH уровня, что связано с наличием на поверхности гранулы стеклянной корки, содержащей незначительную долю кристаллической фазы относительно крупных размеров. Поэтому можно рекомендовать опудривание гранул порошком тугоплавкого компонента перед вспениванием, что не только будет препятствовать слипанию гранул, но и

Из экспериментальных данных следует, что максимальное изменение pH (рис. 1) наблюдается для образцов пеностекла состава МС-0, а минимальное – для МС-5. В целом увеличение кристаллической фазы в составе пеностеклового материала понижает вероятность коррозионных процессов за счет щелоче-силикатных-реакций. Высокая устойчивость ПСКМ, полученных из стеклогранулята, несмотря на незначительное содержание остаточной кристаллической фазы (5%) объясняется ее микроразмерностью (размер частиц менее 1 мкм), которая равномерно распределяясь в материале, препятствует реакциям растворения стекла.

Таким образом, испытания ПСКМ в кислой и щелочной среде, а также в среде, моделирующей жидкую фазу твердеющего раствора, показали, что пеностеклокристаллические материалы обладают более высокой химической устойчивостью, по сравнению с пеностеклом. Это позволяет рекомендовать их к использованию в качестве изоляции промышленных установок и трубопроводов.

Список литературы

- ГОСТ 22291-83 «Стекло кварцевое. Метод определения химической устойчивости».
- ГОСТ 10134.3-82 «Стекло неорганическое и стеклокристаллические материалы. Метод определения щелочестойкости».
- ГОСТ 10134-62 «Стекло неорганическое и стеклокристаллические материалы. Метод определения кислотостойкости».
- О.Н. Матюхина, В.А. Спаскова. Коррозионная стойкость минерального волокна в щелочных средах// Сухие строительные смеси, 2009, №3.– С. 8-10.
- СТ СЭВ 4421-83 «Защита от коррозии в строительстве. Защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре. Электрохимический метод испытаний»

ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИЙ СОСТАВ НА ОСНОВЕ СИЛИКАТА НАТРИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКИ ПРОЗРАЧНОГО ОГНЕЗАЩИТНОГО ГЕЛЯ

Епифанцева А.В.

Научный руководитель: Казьмина О.В., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: epifantsevaav@mail.ru

Гели представляют собой разжиженные пространственно структурированные системы, состоящие из жидкой дисперсионной среды, заключенной в пространственную сетку, образованную соединившимися частицами твердой фазы. Такие системы в зависимости от реологического поведения условно делятся на слабые и сильные. Гели состоят, по крайней мере, из двух компонентов, один из которых образует непрерывную трёхмерную макромолекулярную сетку, выступающую в роли каркаса, пустоты в которой заполнены низкомолекулярным растворителем — дисперсионной средой. Гели термодинамически неустойчивы: вследствие синергизиса дисперсная система самопроизвольно разрушается с выделением жидкой концентрированной фазы в результате уплотнения структурной сетки. При удалении низкомолекулярного растворителя гели, обычно, необратимо разрушаются [1].

В настоящее время одним из способов получения огнестойкого остекления является формирование между стеклянными панелями оптически прозрачного огнезащитного геля. Один из типов прозрачного геля основан на жидком стекле, то есть растворе силиката натрия с дополнительно введенными компонентами.

Возможны различные варианты формирования такого геля между прозрачными панелями. Один вариант получения промежуточного слоя на основе силиката натрия состоит в распределении раствора силиката натрия на поверхности стеклянной панели и его высушивания при регулируемых условиях с получением тонкого слоя на стекле. В данном случае вторая панель помещается сверху уже на высохший слой с получением огнестойкого остекления. Недостатком такого способа является неравномерность нанесения геля на поверхность стекла, а также образование пузырей воздуха при высушивании.

Второй метод получения огнезащитного остекления состоит в так называемом монолитном способе, при котором раствор заливается в пространство между двумя противоположными панелями с последующим отверждением и образованием оптически прозрачного геля. Сложность данного метода состоит в подборе оптимальной вязкости раствора, который с одной стороны должен свободно распределяться между панелями, т.е. иметь относительно низкую вязкость. С другой стороны раствор должен обладать достаточно высокой вязкостью, чтобы не

вытекать в процессе отвердевания и всего срока эксплуатации данной конструкции.

Цель работы – разработка состава прозрачного огнестойкого геля на основе раствора силиката натрия с улучшенными свойствами, обладающего повышенным силикатным модулем.

Огнезащитное остекление представляет собой многослойные конструкции, включающие как минимум две прозрачные панели и, по меньшей мере, один огнестойкий промежуточный слой. Промежуточный слой должен быть оптически прозрачным и должен оставаться прозрачным без окрашивания в течение всего срока службы. Он также должен функционировать таким образом, чтобы улучшать огнеупорность стекла.

В данной работе промежуточный слой основан на растворимом стекле, то есть растворе силиката натрия. Силикатные слои набухают по мере подвергания воздействию тепла с образованием пены, которая служит для того, чтобы помочь удержать стеклянные панели, и действует в качестве барьера для излучаемого тепла.

Свойства растворов силиката натрия определяются главным образом силикатным модулем, представляющим собой молярное отношение диоксида кремния к оксиду натрия, значение которого может меняться в диапазоне от 2:1 до 4:2. Промышленный раствор силиката натрия, как правило, имеет силикатный модуль в среднем около 3 и ниже. В тоже время для получения огнезащитного геля с улучшенными свойствами в качестве основы необходимо иметь раствор силиката натрия с модулем больше 3. Поэтому была поставлена задача повысить модуль используемого для исследований промышленного стекла и увеличить тем самым вязкость гелеобразующего раствора. С этой целью в работе опробован вариант дополнительного введения в раствор силиката натрия золя диоксида кремния. Для формирования золя предпочтительно иметь наноразмерные частицы диоксида кремния, со средним размером от 7 нм до 50 нм. Такие частицы легче диспергируются в золе и не рассеивают свет при включении в промежуточный слой. Поэтому в качестве диоксида кремния выбран аэросил промышленной марки. Содержание в золе твердой фазы находится на уровне 30-50 мас. %. В качестве растворителя можно использовать такие органические жидкости как глицерин, этиленгликоль, пропиленгликоль, полиэтиленгликоль и триметилпропан. В данной работе опробован глицерин. Это органическое соединение действует и как пластификатор композиции, и как компонент, увеличивающий

вспенивающую способность образующегося геля. Количество глицерина в композиции составило 5 %. Кроме того в состав раствора были добавлены компоненты, понижающие содержание в промежуточном слое воды и улучшающие огнестойкость. В качестве таких компонентов можно использовать сахариды, такие как сорбит, ксилит или манит [2]. В работе использован сорбит, в количестве 5 %. В табл. 1 приведены составы, выбранные для исследований, в которых менялось содержание раствора силиката натрия от 36 до 40 %. Модуль полученного раствора составил 4,5, при этом сохранилась его прозрачность.

Таблица 1. Компонентный состав гелеобразующего раствора

№ состава	1	2	3
Молярное отношение	4,5	4,5	4,5
Содержание воды, %	43,9	41,0	40,0
Содержание силиката натрия, %	36,1	39,0	40,0
Глицерин, %	5	5	5
Золь диоксида кремния в глицерине (50%)	10	10	10
Сорбит, %	5	5	5

Исследуемые составы готовились путем предварительного смешивания глицерина с аэросилом и сахаридом, в данном случае с сорбитом. Полученные золи добавлялись при перемешивании с постоянной скоростью к раствору силиката натрия при комнатной температуре, с последующим вакуумированием для удаления газовой фазы.

Для изготовления образцов огнестойкого остекления брали листы закаленного флоат - стекла толщиной 5 мм, между которых формировали полость толщиной 3 мм. В ячейку заливали полученный раствор, после чего подвергали тепловой обработке при тщательно контролируемой температуре и влажности с образованием твердого промежуточного слоя. Далее проводилась визуальная оценка качества полученных гелей, результаты которой приведены в таблице 2. Как видно из полученных данных, для всех составов сохранилась прозрачность, наблюдается отсутствие помутнения и наличия пузырей, что позволяет предварительно говорить о пригодности данных композиций.

Таблица 2. Результаты визуальной оценки качества гелей

№ состава	прозрачность	помутнение	наличие пузырей
1	+	-	-
2	+	-	-
3	+	-	-

Приготовленные огнестойкие образцы были испытаны на огнестойкость согласно ГОСТ 30247.0-94 с помощью лабораторно-огневого стенда и классифицированы согласно Европейским стандартам pr EN 357-1 по критериям, которые обозначаются буквами:

E – механическая прочность, способность обеспечивать физический барьер против проникновения пламени, дыма и продуктов горения;

W – герметичность, то есть 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 [3].

В таблице 3 представлены экспериментальные результаты классификации полученных огнестойких образцов с промежуточным слоем на основе силиката натрия. Установлено, что все образцы характеризуются достаточно высокой способностью обеспечивать барьер против проникновения пламени

Таблица 3. Классификация полученного остекления

№ состава	Класс
1	EW 30
2	EW 60
2	EW 60

Таким образом, разработанный состав композиции на основе раствора силиката натрия повышенного модуля (4,5) способен выдерживать пламя и сохранять целостность от 30 до 60 минут. С ростом содержания в композиции высокомолекулярного раствора силиката натрия до 40 % огнестойкость увеличивается до 60 минут. При этом композиции, полученные на основе силиката натрия с добавлением золя диоксида кремния, характеризуется прозрачностью, сохраняют способность к заливанню в течение достаточного времени и отвердевают при выдерживании с получением прозрачного промежуточного слоя, имеющего улучшенные свойства, что дает возможность использовать такие гели для создания огнестойких стеклянных конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. В.И. Корнеев, В.В. Данилов. Жидкое и растворимое стекло. - С: Стройиздат.-1996.- 216с.
2. А. Игнатенко. Системный подход в безопасном остеклении // Стекло мира. проф. журн. – 2005.- №2. - М. 66-67.
3. Временная методика испытаний на огнестойкость светопрозрачных конструкций. Москва. ВНИИПО МВД России, 1996.

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОПРОХОДНОЙ ПРОКАТКИ В РУЧЬЕВЫХ ВАЛЬЦАХ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЛКОЗЕРНИСТОЙ И СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ МИКРОСТРУКТУРЫ В ОБРАЗЦАХ СПЛАВА НА ОСНОВЕ НИКЕЛИДА ТИТАНА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Жапова Д.Ю.

Научный руководитель: Лотков А.И., д.ф.-м.н., профессор

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4

E-mail: dorzh@ispms.tsc.ru

Сплавы на основе никелида титана (TiNi), проявляющие эффекты памяти формы (ЭПФ) и сверхэластичности, широко применяются в разных областях техники и медицины. В последние годы тенденция к миниатюризации изделий из сплавов на основе TiNi обуславливает необходимость повышения прочностных характеристик с сохранением высоких значений пластических и неупругих свойств образцов сплавов на основе TiNi. Одним из способов реализации этих условий является воздействие методами больших пластических деформаций (БПД) на образцы сплавов на основе TiNi для создания мелкозернистой и субмикроструктурной микроstructures [1, 2]. Такие методы воздействия широко используются в настоящее время для создания измельченной зёрно-субзёрно-микроstructures в образцах сплавов на основе TiNi, таблица 1 [3-5].

использовать метод многопроходной прокатки в ручьевых вальцах. В литературе использование данного метода для воздействия БПД не обнаружено.

В данной работе проведено экспериментальное исследование эволюции зёрно-микроstructures при тёплой многопроходной прокатке в ручьевых вальцах образцов сплава Ti_{49,2}Ni_{50,8}(ат.%). Сплав производства ЗАО «Промышленный центр МАТЭКС» изготовлен из компонентов технической чистоты. Исходные образцы были получены методом ротационнойковки при 1073-1023 К и затем отожжены при 773К в течение 1 часа. Прокатку проводили в изотермических условиях (723К, гомологическая температура – 0.46). Истинная деформация (ϵ) за один проход деформирования составляла от 0.03 до 0.04. Каждый цикл прокатки включал нагрев образца до 723К в течение 3 мин., обжатие и повторный проход канал того же сечения. Исследования микроstructures образцов были выполнены методами оптической, растровой электронной и просвечивающей электронной микроскопии. Фазовый состав образцов исследовали методом рентгеновской дифрактометрии.

При прокатке в образцах формируются вытянутые зёрна. Размер зёрен измеряли вдоль направления прокатки. В исходном состоянии образцов $\langle d \rangle$ составляет 33.4 мкм (рис. 1, а). После прокатки образцов с накоплением истинной деформации $\epsilon=0.07$ $\langle d \rangle$ увеличивается до 93.8 мкм (рис. 1, б).

Таблица 1

Влияние среднего размера зёрен на значения предела прочности (σ_B) и удлинения до разрушения (δ)

Сплав, ат.%	$\langle d \rangle$, мкм	σ_B , МПа	δ , %	Источник
Ti _{49,8} Ni _{50,2}	80.00	920	40	[3]
Ti _{49,8} Ni _{50,2}	0.60	1075	46	[3]
Ti _{49,8} Ni _{50,2}	0.46	1180	33	[3]
Ti _{49,8} Ni _{50,2}	0.28	1200	25	[3]
Ti _{49,4} Ni _{50,6}	25.00	1630	72	[4]
Ti _{49,4} Ni _{50,6}	0.30	1600	60	[4]
Ti _{49,4} Ni _{50,6}	60.00	1040	80	[5]
Ti _{49,4} Ni _{50,6}	0.60	1210	75	[5]
Ti _{49,4} Ni _{50,6}	0.10	1250	30	[5]
Ti _{49,4} Ni _{50,6}	0.05	1670	23	[5]
Ti _{49,4} Ni _{50,6}	0.03	2100	16	[5]

где $\langle d \rangle$ – величина среднего размера зёрен.

Однако особенности таких методов воздействия БПД, как равноканально-угловое прессование [3, 4] и кручение под «гидростатическим» давлением [5], не позволяют использовать их для изготовления образцов с измельченной микроstructures в промышленных масштабах. В качестве альтернативы предложено

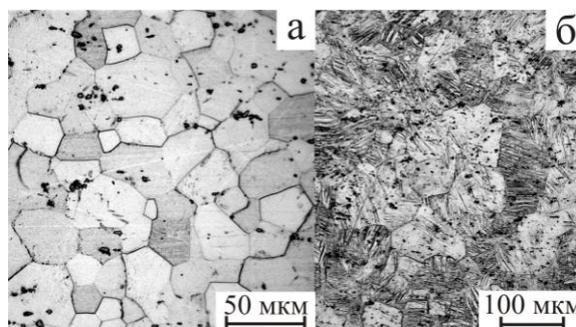


Рис. 1. Микроstructures исходных образцов (а) и образцов после прокатки с $\epsilon=0.07$ (б). Оптическая микроскопия. Направление прокатки вдоль горизонтальной оси рисунка.

Пры далейшай прокатке адбываецца змяшчэнне зэрэнна-субзэрэннай структуры апрацовак: пры $\epsilon=0.20$ $\langle d \rangle \approx 55$ мкм; $\epsilon=0.40$ $\langle d \rangle \approx 18$ мкм; $\epsilon=0.80$ $\langle d \rangle \approx 14$ мкм; $\epsilon=1.80$ $\langle d \rangle = 2.0$ мкм (рис. 2, а). Сфарміраваная пры ізатэрмічнай прокатцы да назаплення $\epsilon=1.80$ мікструктура – нераўнаважная: у апрацовак прысутствуюць мікронапружаныя абласці і многіхлісныя малоуглавыя межы (рис. 2, а). Пасля прокаткі да $\epsilon=1.91$ і наступнага аджыга пры 723К у тэчэнне 1 г. у апрацовак назіраецца раўнаважная квазіраўнаважная зэрэнная мікструктура з $\langle d \rangle = 1.5$ мкм (рис. 2, б).

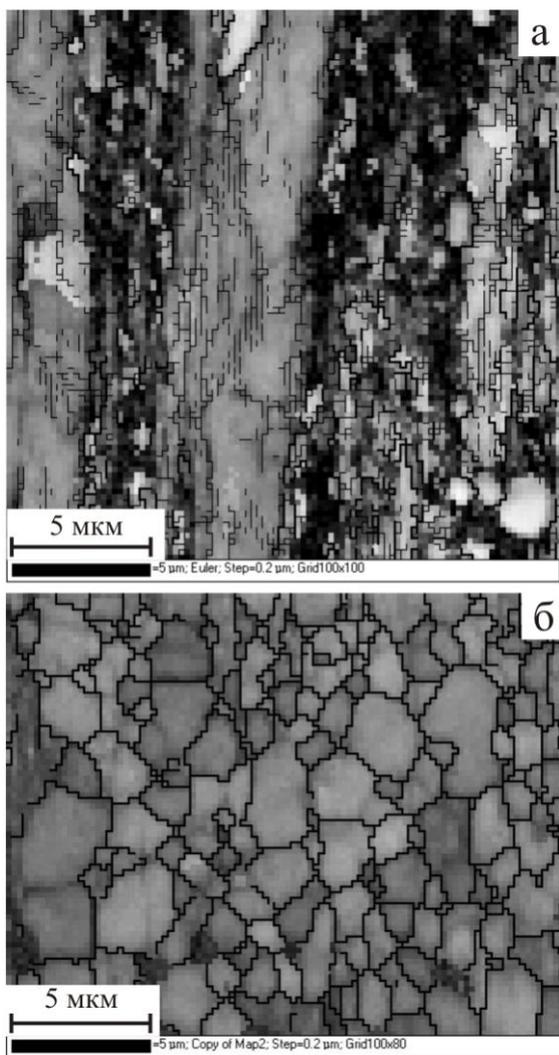


Рис. 2. Мікструктура апрацовак пасля прокаткі з $\epsilon=1.80$ (а) і $\epsilon=1.91$ і наступнага аджыга пры 723К у тэчэнне 1 г. (б). Напраўленне прокаткі ўздоўж вертыкальнай восі рысунка. Метод дыфракцыі абратна рассеяных электронаў (EBSD) у растровым электронным мікроскопе.

Узрост зэрэн пры прокатцы апрацовак да $\epsilon=0.07$ ($\langle d \rangle = 93.8$ мкм) адбываецца ўследствіе развіцця «міграцыі лакальных участкаў меж зэрэн, вызваннай градыентам напружанняў, абумоўленай розніцай шчыльнасці дыслакацый у

прыгранічных абласцях зэрэн» (strain induced migration). Дзвіжучай сілай такога працэса з'яўляецца лакальная розніца шчыльнасці дыслакацый з розных бакоў меж зэрэн. Так як пасля адносна невялікіх дэформацый ўследствіе неаднароднасці развіцця дэформацыі ў апрацовак назіраюцца як сільна дэформаваныя зэрна, так і практычна не претэрпеўшыя дэформацыю, то участкі меж зэрэн з максімальнай розніцай шчыльнасці дыслакацый у прыгранічных раёнах мігрыруюць у бок зэрэн з большай шчыльнасцю дыслакацый. С далейшым назапленнем ϵ прокатцы большае дэформаванне апрацовак адбываецца адносна па сечэнню апрацовак і, там самым, змяншаецца лакальная розніца шчыльнасці дыслакацый у прыгранічных раёнах зэрэн і міграцыя лакальных участкаў меж зэрэн зніжаецца; пры гэтым адбываецца змяшчэнне мікструктуры.

Такім чынам, тэпла ізатэрмічная многіхразовая прокатка ў ручьевых вальцах апрацовак сплава $\text{Ti}_{49.2}\text{Ni}_{50.8}$ (ат.%) дазваляе сфарміраваць мелказерністую і субмікрукрысталічную мікструктуру. Атрыманая такім чынам мікструктура з'яўляецца квазіраўнаважнай і тэрмастабільнай, што дазваляе выкарыстоўваць гэтыя апрацовак для стварэння сілавых элементаў вырабаў тэхнічнага і медыцынскага прызначэння.

Літаратура.

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 398 с.
2. Утяшев Ф.З. Современные методы интенсивной пластической деформации. – Уфа: УГАТУ, 2008. – 313 с.
3. Прокофьев Е.А. Структура и свойства ультрамелкозернистых сплавов Ti-Ni, полученных интенсивной пластической деформацией / Е.А. Прокофьев // Вестник Уфимского авиационного технического университета. – 2006. – Т. 8. – № 4. – С. 169-171.
4. Пушин В.Г. О природе аномально высокой пластичности высокопрочных сплавов на основе никелида титана с эффектами памяти формы. Исходная структура и механические свойства / В.Г. Пушин, А.И. Лотков и др. // ФММ. – 2008. – Т.106. – № 5. – С. 537-547.
5. Куранова Н.Н. Влияние термообработки на структурные и фазовые превращения и механические свойства сплава TiNi, подвергнутого интенсивной пластической деформации кручением / Н.Н. Куранова, Д.В. Гундеров и др. // ФММ. – 2009. – Т. 108. – № 6. – С. 589-601.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В СПЛАВАХ НА ОСНОВЕ НИКЕЛИДА ТИТАНА, ЛЕГИРОВАННЫХ КОБАЛЬТОМ

Жезленков В.Р., Клопотов А.А., Матюнин А.Н.

Научный руководитель: Клопотов А.А., д.ф.-м.н., профессор

Томский государственный университет, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 36, 634050

E-mail: zhezlen@mail.ru

1. Введение

Химический состав и термообработки – наиболее существенные факторы, определяющие как температурные области проявления эффектов памяти формы (ЭПФ), так и величину его проявления в сплавах на основе никелида титана. В литературе [1] показано, что легирование TiNi третьим элементом влияет на микроструктуру материала и на его физико-механические свойства. При легировании атомами кобальта сплавов на основе никелида титана наблюдается сложная последовательность превращений меняется $B2 \rightarrow B2+R \rightarrow B19'$. При этом происходит понижение температурной области мартенситного перехода (МП) [2,3].

Целью данной работы было, провести исследование влияния легирования кобальтом на эффекты памяти формы в сплавах на основе никелида титана.

2. Материалы и методика

Сплавы для исследований были получены в индукционной печи в атмосфере аргона и имели следующий состав $Ti_{49,94}Ni_{49,75-x}Co_xMo_{0,31}$ ($x=0,5; 1; 1,5; 2$). На электроискровом станке из слитков для проведения изучения физико-механических свойств были получены образцы соответствующих конфигураций [4].

3. Результаты и обсуждение

В результате экспериментальных исследований были получены деформационные зависимости от температуры в сплавах $Ti_{49,94}Ni_{49,75-x}Co_xMo_{0,31}$ (рис.1). Эти зависимости показывают, что исследуемые сплавы обладают эффектами памяти формы (ЭПФ) в интервале температур от -170°C до 170°C .

Начальная деформация при нагружении образца при температуре 170°C достигает значений порядка 1,5% (стрелка под точкой 1, рис.1). Переход из состояния 1 в состояние 2 осуществляется охлаждением сплава под нагрузкой. Достижение температурной области прямого МП отражается интенсивным ростом деформации

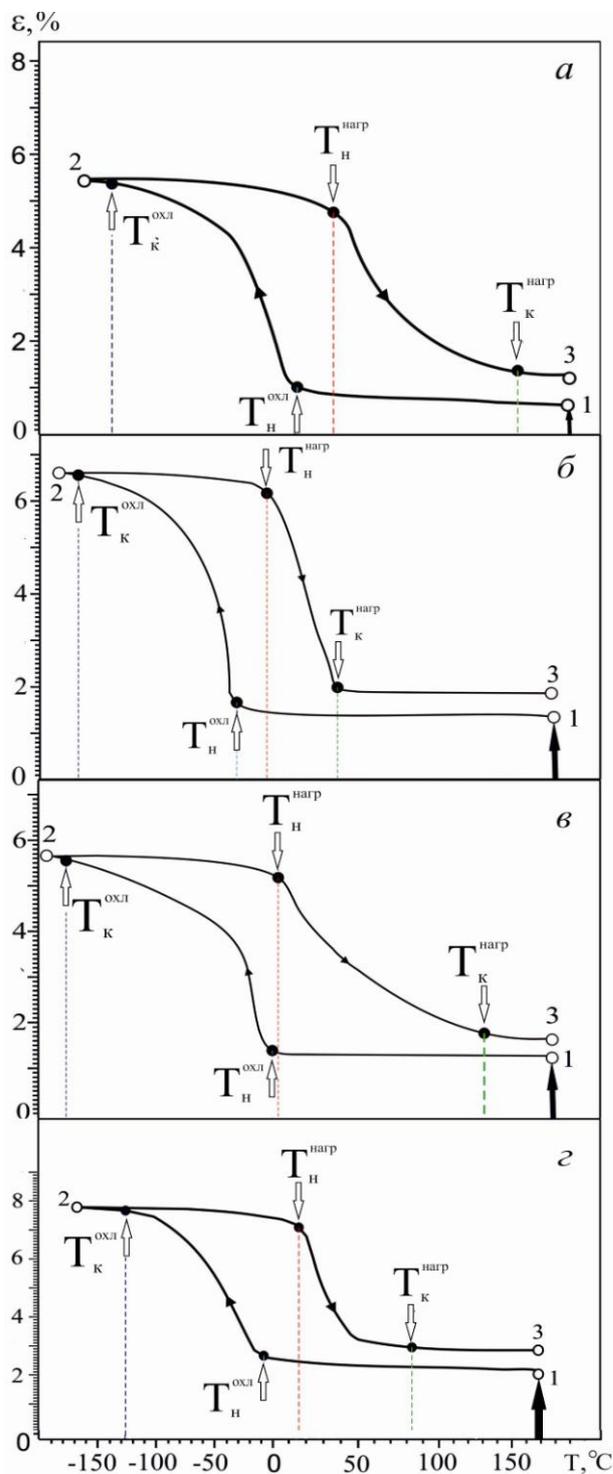


Рис. 1. Зависимость деформации ϵ от температуры T в сплавах $Ti_{49,94}Ni_{49,75-x}Co_xMo_{0,31}$: а) $x=0,5$; б) $x=1$; в) $x=1,5$; г) $x=2$.

(температура $T_n^{\text{нагр}}$). При температуре $T_k^{\text{охл}}$ МП под нагрузкой заканчивается и дальнейшее понижение температуры уже не вызывает интенсивной деформации до точки 2. Переход из состояния 2 в состояние 3 достигается нагревом исследуемых сплавов под нагрузкой. В температурной области обратного МП при температуре $T_n^{\text{нагр}}$ начинает проявляться ЭПФ, который приводит сплав в состояние, близкое к исходному (точка 3).

На рис.2 приведена концентрационная зависимость температуры начала проявления ЭПФ.

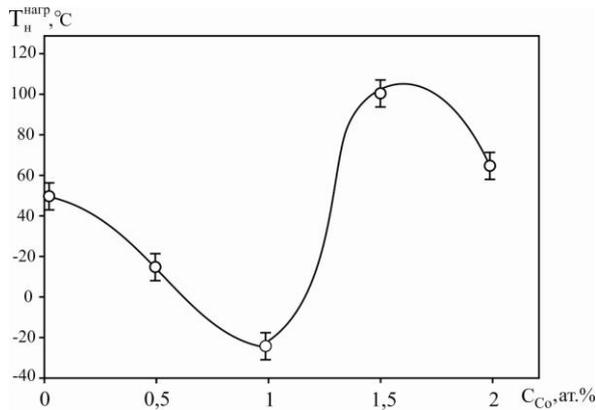


Рис. 2. Зависимость температуры начала проявления ЭПФ от концентрации кобальта.

$T_n^{\text{нагр}}$ немонотонно зависит от концентрации легирующего элемента. В сплаве с концентрацией Co, равного 1 ат.% наблюдается min на кривой $T_n^{\text{нагр}} = f(C_{\text{Co}})$.

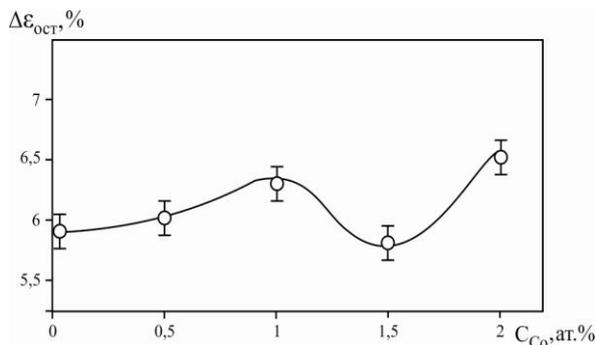


Рис. 3. Зависимость величины остаточной деформации от концентрации легирующего элемента.

Была проведена оценка остаточной деформации ЭПФ в исследуемых сплавах по формуле $\Delta \epsilon_{\text{ост}} = \epsilon_2 - \epsilon_1$, где ϵ_1 – величина деформации в точке 1, ϵ_2 – величина деформации в точке 2. Уста-

новлено, что $\Delta \epsilon_{\text{ост}}$, в среднем, равно 0,5% и практически не зависит от концентрации легирующего элемента (рис. 3).

4. Выводы

- 1) Установлено, что легирование сплава ТН-20 кобальтом (до 2 %) вместо никеля, приводит к немонотонному изменению параметров эффектов памяти формы. Такое влияние легирования кобальта на ЭПФ отражает сложное влияние на межатомное взаимодействие между основными атомами сплавообразующих элементов и кобальтом.
- 2) На основе анализа зависимостей деформации от легирования данных сплавов кобальтом также было выявлено, что величина остаточной деформации изменяется примерно на 0,5%.

1. Гюнтер В.Э., Домбаев Г.Ц., Сысолятин П.Г. и др. Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы. – Томск: ТГУ. –1998. – 486 с.

2. Клопотов А.А., Матюнин А.Н., Марченко Е.С., Кучина А.С., Маликов Д.Е. Структурно-фазовые состояния в многокомпонентных сплавах TiNiMo(Co) //Имплантаты с памятью формы. - 2007. - №1-2. - С.78-91.

3. Потекаев А.И., Клопотов А.А., Матюнин А.Н., Марченко Е.С., Гюнтер В.Э., Джалолов Ш.А. Влияние фазового наклепа на предмартенситные состояния и на мартенситные превращения в многокомпонентных сплавах Ti(Ni,Co,Mo) с эффектами памяти формы//Материаловедение. 2010. №12. С. 37-44.

4. Влияние термообработки на мартенситные превращения в многокомпонентных сплавах ti(ni,co,mo) с эффектами памяти формы/ В.Р. Жезленков, А.А. Тайлашев, В.В. Соторов, А.А. Клопотов//перспективы развития фундаментальных наук: Сборник научных трудов – Томск, 24 – 27 апреля, 2012. – С.101 – 103.

ОБРАБОТКА СПЛАВА Zr-1Nb СИЛЬНОТОЧНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

Залогина А.С.

Научный руководитель: Пушилина Н.С., к.ф.-м.н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: anast.zalogina@gmail.com

Циркониевые сплавы широко используются как в отрасли высоких технологий, так и в производстве обычных потребительских товаров. Например, в ядерной энергетике сплавам на основе циркония находят применение в качестве тепловыделяющих элементов, тепловыделяющих сборок и др. К трубам из циркониевых сплавов для ТВЭЛ предъявляются чрезвычайно жесткие требования, обусловленные их ответственным назначением и тяжелыми условиями работы в активной зоне ядерных реакторов [1]. Многие аварии на ядерных реакторах происходят за счет коррозии оболочек ТВЭЛ, что приводит к выбросу радиоактивности и другим нежелательным эффектам. Увеличить ресурс работы изделий из циркониевых сплавов удастся применением покрытий, путем модифицирования импульсными пучками.

Применение импульсных электронных пучков (ИЭП) является перспективным для поверхностной обработки материалов, так как они имеют большую надежность, высокую степень регулирования параметров пучка, меньшую стоимость оборудования. И экспериментально, и теоретически доказано, что в основе модифицирующего действия ИЭП лежит их способность очень быстро вводить большие порции энергии в тонкие приповерхностные слои материала [2 – 4]. Таким образом, вызывается интенсивный разогрев (вплоть до кипения) материала поверхности, с его последующим сверхбыстрым охлаждением за счет теплопроводности вглубь. В свою очередь, такой режим разогрева (при соответствующих параметрах пучков) влечет за собой инициацию следующих процессов: испарение, плазмообразование, дефектообразование, ударно-волновые явления [2]. Основную роль при облучении мощным импульсным пучком заряженных частиц играет выбор параметров пучка: начальной энергии электронов, плотности энергии, длительности импульса и количества импульсов.

В данной работе исследовалось влияние плотности энергии электронного пучка на структуру и свойства сплава циркония.

Для исследования были изготовлены прямоугольные плоские образцы циркониевого сплава Zr1Nb размерами 50 × 50 × 0,7 мм. Образцы вырезались из листа циркониевого сплава Zr1Nb (марка Э110) в состоянии поставки методом электроискровой резки. Все поверхностные дефекты (вмятины, грубые риски) были удалены при операциях шлифования и

полировки. Шлифование осуществлялось на машине «Шлиф 2М/V» с использованием кремневой шлифовальной бумаги.

Облучение поверхности циркониевого сплава Zr1Nb происходило на установке «СОЛО», спроектированной и созданной в ИСЭ СО РАН. Воздействие проводилось с двух сторон образца при однократном воздействии пучка в течение 50 с и начальной энергией электронов $E = 18$ кэВ, плотность энергии (E_s) варьировали от 5 до 25 Дж/см². Исследование влияния импульсного электронного облучения на структуру поверхности сплава Zr1Nb проводилось методом сканирующей микроскопии (микроскоп Philips SEM 515). Исследования проводились при ускоряющем напряжении 30 кэВ. Разрешение составляло ~ 10 нм, глубина резкости ~ 0,5 от его линейных размеров. Измерения микротвердости осуществлялись на приборе ПМТ-3М с использованием пирамидального индентора Виккерса при нагрузке 0,30, 0, 50 и 1,50 Н. Преимущества метода Виккерса по сравнению с другими методами (например, метод Бринелля) заключается в том, что методом Виккерса можно испытывать материалы более высокой твердости из-за применения алмазной пирамиды.

Как показали исследования структуры циркониевого сплава в исходном состоянии, что в поперечном сечении сформирована равноосная зеренная структура с размером зерен (4 – 6) мкм (рисунок 1). Зерна вытянуты вдоль направления прокатки, их размер в продольном направлении ~ 7 мкм, коэффициент неравноосности ~ 2.

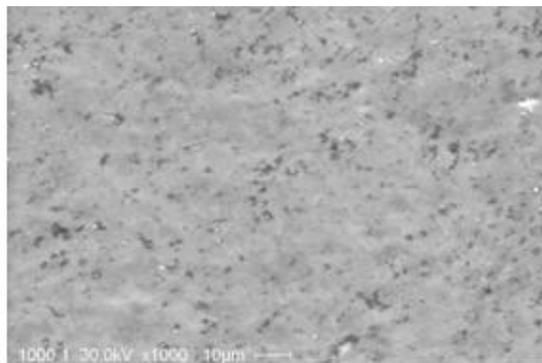


Рис.1. Микроструктура поверхности исходного циркониевого сплава Zr-Nb

При исследовании облученных образцов наблюдается существенное изменение их структуры. Облучение импульсным электронным пучком приводит к формированию структуры с тонкими (игольчатыми) пластинами,

рассекающими зерна (рис.2). Согласно диаграмме состояния системы Zr-Nb и литературным данным, такая структура является мартенситом. Особенностью образцов, облученных при $E_s = 25 \text{ Дж/см}^2$ является высокая плотность кратеров с широким разбросом по размерам (от 1 до 5 мкм).

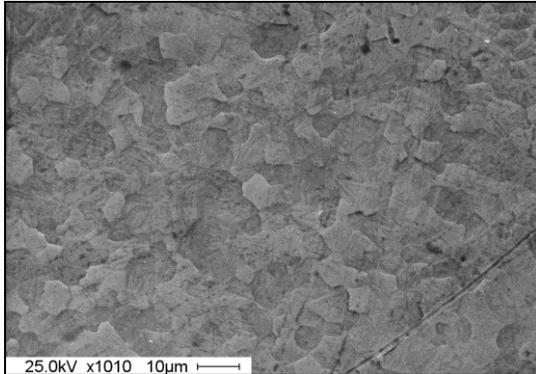


Рис.1. Микроструктура поверхности циркониевого сплава Zr-1Nb после воздействия ИЭП при 18 Дж/см^2 и $N = 1$

На рисунке 3 представлен график изменения твердости (HV) сплава Э110 от прикладываемой нагрузки (P).

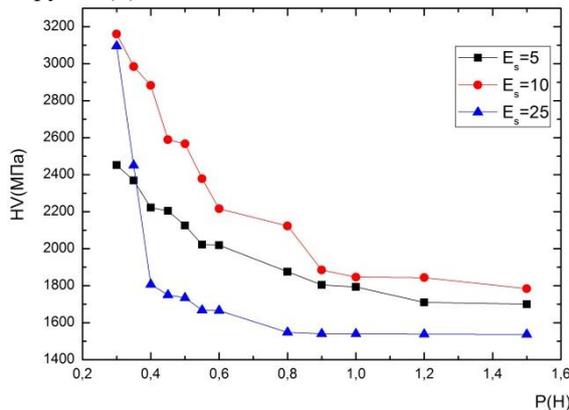


Рис.3. График зависимости твердости образца от приложенной нагрузки при облучении с разной плотностью пучка

Твердость исходного материала характеризовалась равномерным распределением по глубине анализа и составила 1600 МПа. Как видно из рис. 3, при плотности $E_s = 25 \text{ Дж/см}^2$, не смотря на высокую твердость в приповерхностном тонком слое $HV = 3220 \text{ МПа}$, данный режим обработки не приводит к значительного увеличению твердости на глубинах более 5 мкм. Стоит отметить, что в случае испытании на микротвердость при нагрузке более 0,4 Н наблюдались сколы и отслоение микроучастков, непосредственно прилегающих к краям отпечатка. В результате края отпечатка были плохо выражены и искажены. Однократное облучение при низкой плотности пучка ($E_s = 5 \text{ Дж/см}^2$), также не способствовало существенным

изменениям – на поверхности твердость составила 2500 МПа, в объеме – $HV \approx 2025 \text{ МПа}$. Образцы после обработки с плотностью $E_s=10 \text{ Дж/см}^2$, имеют наиболее высокие значение микротвердости на поверхности $HV=3160 \text{ МПа}$ и в глубинных слоях $HV \approx 2613 \text{ МПа}$. Согласно литературным данным [3], увеличение твердости циркониевого сплава после облучения ИЭП связано с образованием в результате высокоскоростного нагрева и охлаждения мартенсита сложной морфологии. Мелкодисперсного мартенсита и вызванные им внутренние напряжения в циркониевом сплаве вносят наибольший вклад в упрочнение [3].

В результате исследования влияние плотности энергии электронного пучка в диапазоне ($5 \div 25$) Дж/см^2 на структуру и свойства сплава циркония установлено:

- 1) Облучение ИЭП приводит к изменению структурно-фазового состояния поверхностных слоев – появлению мартенсита, что обеспечивает улучшение прочностных свойств материала;
- 2) Максимальное увеличение (более 60 % по сравнению с исходным материалом) твердости наблюдается при обработке $E_s=10 \text{ Дж/см}^2$.

Список литературы:

1. В.С. Вахрушева, Г.Д. Сухомлин, Т.А. Дергач. Комплексная оценка качества изготовленных в Украине первых опытных партий труб-оболочек ТВЭЛ из сплава Zr1Nb // Вопросы атомной науки и техники. – 1999. – №2. – С.27-32
2. Yu-kui Gao. Surface modification of TA2 pure titanium by low energy high current pulsed electron beam treatments // Applied Surface Science. – 2011; 257; 7455-7460
3. Чернов И. П., Иванова С. В., Крёнинг Х. В. и др. Свойства и структурное состояние слоя циркониевого сплава, модифицированного импульсным электронным пучком и насыщенного водородом // Журнал технической физики. - 2012 - Т. 82, Вып. 3 - С. 81-87
4. К.М. Zhang, J.X. Zou, B. Bolle, T. Grosdidier // Evolution of residual stress states in surface layers of an AISI D2 steel treated by low energy high current pulsed electron beam. – 2013; 87; 60-68

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ИМПУЛЬСНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ЭЛН-ПОКРЫТИЙ ИЗ ВЫСОКОХРОМИСТОГО ВАНАДИЕВОГО ЧУГУНА.

Зиганшин А.И., Дампилон Б.В., Татаркина Н.В.

Научный руководитель: д.ф.-м.н. Панин В.Е.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634021 г. Томск, пр. Академический, 2/4.

E-mail: drumsticks@sibmail.com

Разработка и улучшение покрытий для деталей машин, работающих в парах трения или в условиях абразивного износа, на сегодняшний день, является одной из приоритетных задач современного материаловедения. Ключевым моментом этого направления становится получение определённых микроструктур, способных обеспечить материал требуемыми характеристиками. Одним из методов получения таких микроструктур – нанесение покрытий методом электронно-лучевой наплавки, обеспечивающей скорость охлаждения $10^3 - 10^6$ °C/сек.[1] и дальнейшая импульсная электронно-лучевая обработка. В данной работе использован чугун эвтектического состава [2](табл. 1), нанесенный на подложку из углеродистой стали ЭЛН – методом.

Табл. 1 Химический состав наплавочного материала

Содержание, % мас.						
Cr	C	Si	Ni	Mn	V	Fe
16	2.5	0.6	1.0	0.7	5	Основа

Высокая скорость охлаждения ванны расплава за счет отвода тепла в стальную подложку привела к образованию пересыщенного метастабильного аустенита, а также сложных карбидов типа M_7C_3 и карбид ванадия V_2C , согласно данным рентгеноструктурного анализа (рис. 1).

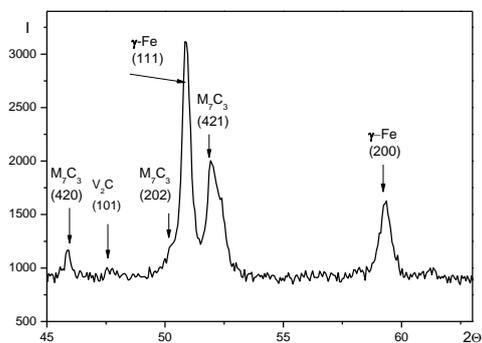


Рис.1. Фрагмент рентгенограммы покрытия из эвтектического хромованадиевого чугуна после наплавки

Микроструктура покрытий из эвтектического чугуна характеризуется наличием

пространственно разветвленного каркаса эвтектических карбидов и сплошной аустенитной матрицей.[3]

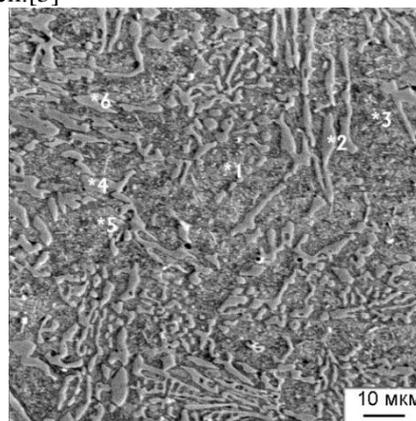


Рис.2. Микроструктура покрытия из эвтектического хромованадиевого чугуна.

Импульсная электронно-лучевая обработка представляет собой короточное воздействие на определенную область поверхности с мгновенным расплавлением и кристаллизацией обрабатываемого участка. Задача такой обработки – создание сверх неравновесной структуры в области воздействия луча. Дистанция между выстрелами составляла 2 мм с целью релаксации термических напряжений в тело поверхности. Задачей данной работы является оценка влияния различных режимов обработки путем изменения времени воздействия и силы тока.

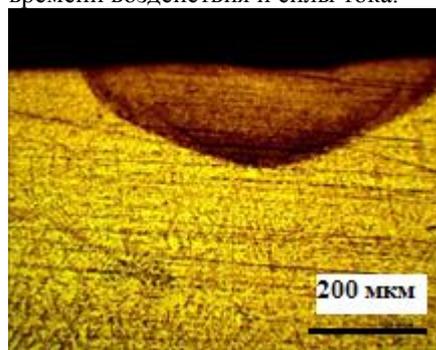


Рис. 3 Модифицированная зона поверхности с параметрами воздействия 15 мсек, 8 мА. Травление царской водкой.

На первом этапе исследований был предложен диапазон силы тока от 2 до 10 мА. Время воздействия составляло 5, 10 и 15 мсек.

Таким образом, был получен образец с 15-ю модифицированными зонами различных режимов (рис 3).

Зависимость глубины модифицированных зон от времени воздействия и силы тока показана на рис. 4.

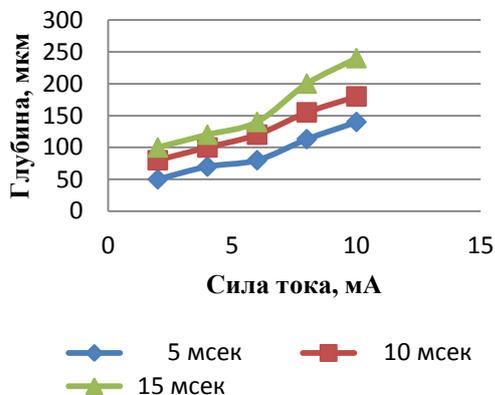


Рис. 4. График зависимости значений глубины модифицированных зон от изменений силы тока и времени воздействия.

Изменение микротвёрдости от поверхности в глубину обработанной зоны показано на рис. 5. Измерения проводились с помощью прибора ПМТ-3.

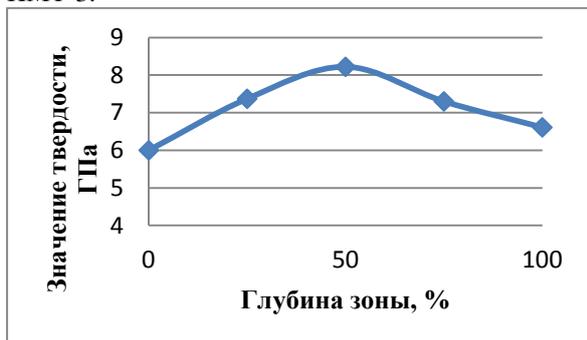


Рис 5. Значение микротвёрдости от поверхности в глубину модифицированной зоны.

Также было проведено исследования топографии поверхности после обработки - рис. 6, рис. 7

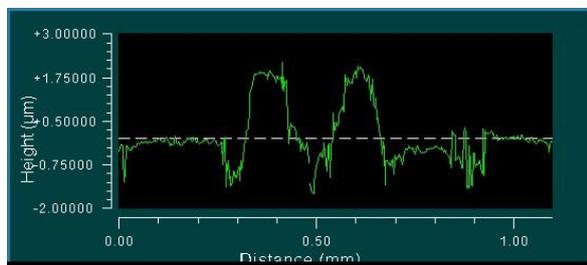


Рис. 6. Топография поверхности покрытия после импульсной обработке в режиме 10 мсек, 4 мА.

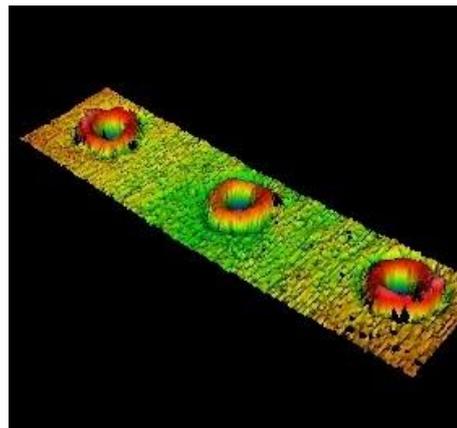


Рис. 7. 3D изображение обработанной поверхности.

Выводы: Изменение глубины модифицированной зоны носит линейный характер. Точке с максимальными значениями силы тока и времени воздействия соответствует глубина 240 мкм. Значения микротвёрдости достигли наивысшей точки в области от 40 до 60 % от глубины модифицированной зоны и составили порядка 8,5 ГПа. Максимальная волнистость поверхности достигает 25-30 мкм в точке с параметрами 15 мсек и 10 мА.

Заключение: импульсная электронно-лучевая обработка оказывает существенное влияние на поверхность покрытия, образуя в зоне воздействия луча модифицированную область. Незначительные искажения профиля поверхности и неуклонный рост глубины зоны воздействия, с повышением силы тока и времени, дают предпосылки к дальнейшему увеличению этих параметров. Целью дальнейших исследований будет являться поиск оптимального режима обработки, обеспечивающего наибольшую глубину и твердость модифицированной зоны при максимально допустимой деградации поверхности. Необходим качественный анализ микроструктуры обработанной зоны с выявлением образовавшихся фаз и распределения в них легирующих элементов.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука».

Список литературы:

1. Рыкалин Н.Н., Зувев И.В., Углов А.А. Основы электронно-лучевой обработки материалов. М., 1978. С. 239.
2. Банных О.А., Будберг П.Б., Алисова С.П. и др. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа. Справ. Изд. М: «Металлургия» - 1986. С.440
3. Дураков В.Г., Дампилон Б.В., Гнусов С.Ф. Роль мелкодисперсных выделений карбида ванадия в повышении износостойкости покрытий из хромистого чугуна // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2009. - №5. – С.10-14.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ ПОРОШКА ЭЛЕКТРОКОРУНДА, ЕГО СПЕКАНИЯ И ФОРМОВАНИЯ

Индюков Д.С.

Научный руководитель: Матренин С.В., к.т.н., доцент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: dimonboxiki@mail.ru

Целью настоящей работы являлось исследование влияния режимов механической активации порошка белого электрокорунда и влияния добавок нано- и ультрадисперсных порошков НП Al , Al_2O_3 , УДП TiO_2 на физико-механические свойства спеченной корундовой керамики.

В процессе работы проводили прессование и последующее спекание образцов в высокотемпературной печи сопротивления. У спеченных образцов были определены плотность, твердость HRA, усадка и пористость, а также зависимость вышеперечисленных характеристик от времени () обработки спеченного электрокорунда при разных частотных режимах ($f=20$ Гц и $f=30$ Гц), от крупности частиц и температуры спекания.

В работе использовались следующие исходные материалы:

1. Электрокорунд марки 25А состав, которого приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав электрокорунда белого

Марка	Массовая доля, %, не более			
	Al_2O_3	SiO_2	Na_2O	Fe_2O_3
A25	99,1	0,1	0,26	0,06

2. Нанодисперсный плазмохимический порошок Al_2O_3 .

3. Нанопорошок Al полученный методом электрического взрыва проводников, средний поверхностный диаметр частиц составляет 100нм.

4. Ультрадисперсный порошок TiO_2 с размером частиц 0,5 – 2 мкм. Порошки №2, 3, 4 использовались в качестве активирующей добавки к порошку белого электрокорунда в соотношениях 1,5 – 10 % по массе.

Результаты эксперимента

В таблице 2 приведены результаты ситового анализа порошка электрокорунда, подвергнутого механической обработке в планетарной мельнице.

Таблица 2 – Количественное отношение отдельных фракций в процентах при разных режимах

Крупность, мкм	f, Гц	20				30			
		10	20	30	40	10	20	30	40
<40		10.571	9.339	3.883	4.465	11.845	2.719	16.562	15.615
40-63		31.569	45.199	36.52	38.724	53.691	27.838	29.740	30.279
63-80		17.211	17.314	12.681	19.861	8.819	12.071	13.145	27.216
80-100		21.071	25.99	41.402	30.864	18.54	18.839	38.623	25.972
100-140		2.028	0.318	2.631	1.162	2.240	7.873	1.930	0.918
140-200		0.682	0.452	2.487	4.665	4.363	18.757	0	0
>200		16.866	1.388	0.389	0.259	0.502	11.903	0	0

Используя табличные данные, строили диаграммы гранулометрического состава измельченного электрокорунда.

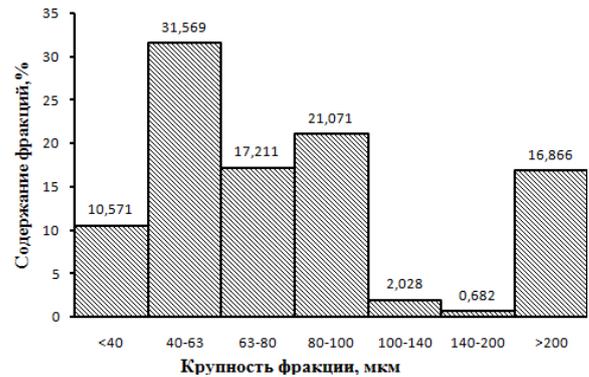


Рис.1. Диаграмма гранулометрического состава измельченного электрокорунда ($f=20$ Гц, $\tau=10$ мин).

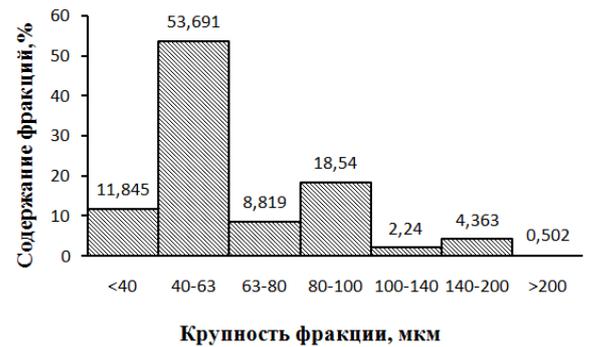


Рис.2. Диаграмма гранулометрического состава измельченного электрокорунда ($f=30$ Гц, $\tau=10$ мин).

На рисунках 3–6 приведены зависимости усадки, плотности, пористости и твердости спеченной керамики в зависимости от частоты и времени механической обработки порошка в планетарной мельнице.

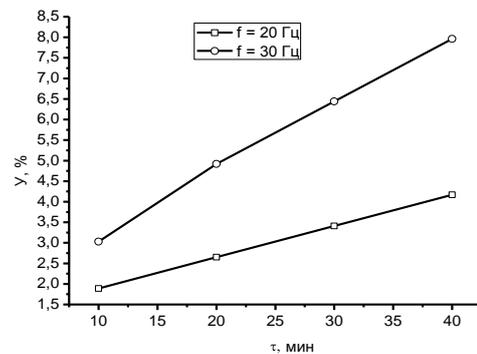


Рис.3. Зависимость усадки(U) от времени()

обработки спеченного электрокорунда при разных частотных режимах ($f = 20$ Гц и $f = 30$ Гц)

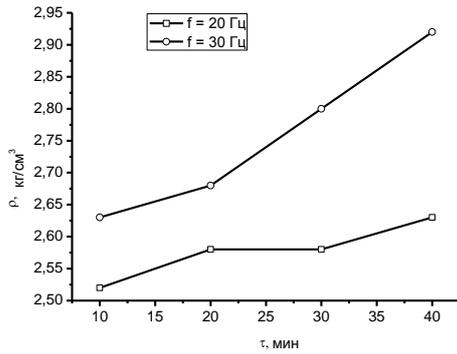


Рис.4. Зависимость плотности (ρ) от времени (τ) обработки спеченного электрокорунда при разных частотных режимах ($f = 20$ Гц и $f = 30$ Гц)

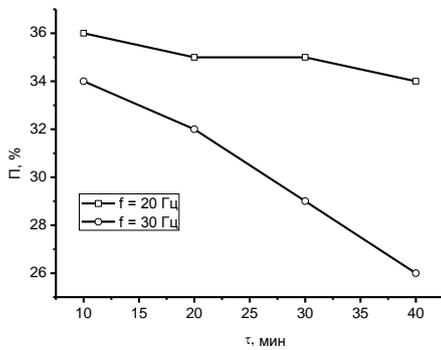


Рис.5. Зависимость пористости (Π) от времени (τ) обработки спеченного электрокорунда при разных частотных режимах ($f = 20$ Гц и $f = 30$ Гц)

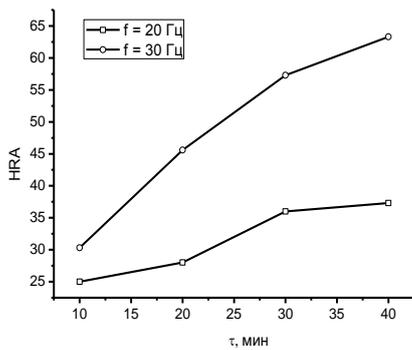


Рис.6. Зависимость твердости HRA от времени (τ) обработки спеченного электрокорунда при разных частотных режимах ($f = 20$ Гц и $f = 30$ Гц)

Таблица 3 – Свойства корундовой керамики, спеченной с различными добавками при режиме обработки $f=30$ Гц, $\tau = 40$ мин

Добавка	У, %	$\rho_{\text{сп.}}$, г/см ³	Π, %	HRA
Без добавки	7,96	2,92	26	63,3
5% НП Al	9,09	3,07	22	71,3
10% НП Al ₂ O ₃	9,85	3,03	23	68,6
1,5% УДП TiO ₂	13,64	3,48	12	89,6

Видно, что увеличение времени механической активации электрокорундового порошка приводит к существенному активированию процесса последующего спекания прессовок

Заключение

1. Анализ диаграмм гранулометрического состава обработанного порошка электрокорунда показал, что при увеличении частоты обработки до 30 Гц фракция более 200 мкм отсутствует, в то время, как при обработке с частотой 20 Гц содержание данной фракции составляет почти 17 % по массе.

2. Результаты измерения усадки пористости и плотности спеченных образцов показали, что увеличение времени механической активации электрокорундового порошка приводит к существенному активированию процесса последующего спекания прессовок. Так, при увеличении времени обработки с 10 минут до 40 усадка повышается в 2,2 и 2,6 раза для частот 20 и 30 Гц соответственно. Пористость при этом снижается с 36 до 34 % и 34 до 26%. Плотность спеченной керамики, полученной из порошка электрокорунда обработанного при частоте 30 Гц в течение 40 минут достигает 2,92 г/см³.

3. Наибольшим активирующим эффектом, как видно из таблицы 3 оказалось введение в порошок электрокорунда добавок ультрадисперсного порошка TiO₂ и нанопорошков Al₂O₃ и Al. При введении 1,5% TiO₂ плотность спеченной керамики достигала 3,48 г/см³. Данный эффект активированного спекания корундовой керамики при добавлении TiO₂ известен в керамической технологии.

4. Активирование спекания корундовой керамики введением добавки НП Al₂O₃ объясняется повышенной активностью нанодисперсного порошка, которая обусловлена его высокой удельной поверхностью и дефектностью кристаллического строения наночастиц.

5. Добавление НП Al реализует механизм реакционного спекания корунда: частицы металлического алюминия при спекании в атмосфере воздуха окисляются, при этом повышается объемная и поверхностная диффузия атомов и вакансий, что приводит к активированию процесса спекания.

Список литературы

1. Матренин С.В., Слосман А.И. М 34 Техническая керамика: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004.–75 с.
2. Егоров Ю.П., Лозинский Ю.М., Роот Р.В., Хворова И.А. Материаловедение ТПУ учебное пособие, 2001.–279 с.
3. Кондратюк А.А., Матренин С.В. Технология получения конструкционной оксидной керамики гидростатическим прессованием. Механика и машиностроение. Сборник трудов. Томск. ТПУ. 2000г. С. 124-126.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ ПОРОШКА ЭЛЕКТРОКОРУНДА, ЕГО СПЕКАНИЯ И ФОРМОВАНИЯ

Индюков Д.С.

Научный руководитель: Матренин С.В., к.т.н., доцент

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: dimonboxiki@mail.ru

Целью настоящей работы являлось исследование влияния режимов механической активации порошка белого электрокорунда и влияния добавок нано- и ультрадисперсных порошков НП Al , Al_2O_3 , УДП TiO_2 на физико-механические свойства спеченной корундовой керамики.

В процессе работы проводили прессование и последующее спекание образцов в высокотемпературной печи сопротивления. У спеченных образцов были определены плотность, твердость HRA, усадка и пористость, а также зависимость вышеперечисленных характеристик от времени () обработки спеченного электрокорунда при разных частотных режимах ($f=20$ Гц и $f=30$ Гц), от крупности частиц и температуры спекания.

В работе использовались следующие исходные материалы:

1. Электрокорунд марки 25А состав, которого приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав электрокорунда белого

Марка	Массовая доля, %, не более			
	Al_2O_3	SiO_2	Na_2O	Fe_2O_3
A25	99,1	0,1	0,26	0,06

2. Нанодисперсный плазмохимический порошок Al_2O_3 .

3. Нанопорошок Al полученный методом электрического взрыва проводников, средний поверхностный диаметр частиц составляет 100нм.

4. Ультрадисперсный порошок TiO_2 с размером частиц 0,5 – 2 мкм. Порошки №2, 3, 4 использовались в качестве активирующей добавки к порошку белого электрокорунда в соотношениях 1,5 – 10 % по массе.

Результаты эксперимента

В таблице 2 приведены результаты ситового анализа порошка электрокорунда, подвергнутого механической обработке в планетарной мельнице.

Таблица 2 – Количественное отношение отдельных фракций в процентах при разных режимах

Крупность, мкм	f, Гц	20				30			
		10	20	30	40	10	20	30	40
<40		10.571	9.339	3.883	4.465	11.845	2.719	16.562	15.615
40-63		31.569	45.199	36.52	38.724	53.691	27.838	29.740	30.279
63-80		17.211	17.314	12.681	19.861	8.819	12.071	13.145	27.216
80-100		21.071	25.99	41.402	30.864	18.54	18.839	38.623	25.972
100-140		2.028	0.318	2.631	1.162	2.240	7.873	1.930	0.918
140-200		0.682	0.452	2.487	4.665	4.363	18.757	0	0
>200		16.866	1.388	0.389	0.259	0.502	11.903	0	0

Используя табличные данные, строили диаграммы гранулометрического состава измельченного электрокорунда.

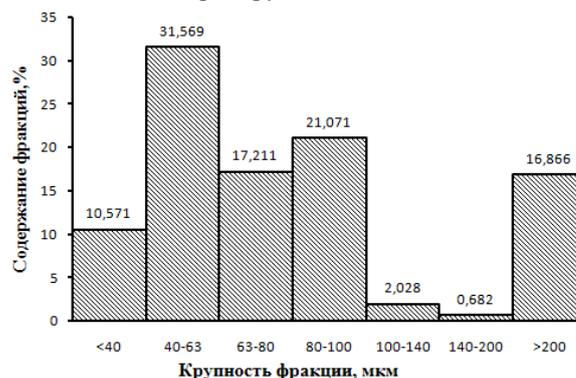


Рис.1. Диаграмма гранулометрического состава измельченного электрокорунда ($f=20$ Гц, $\tau=10$ мин).

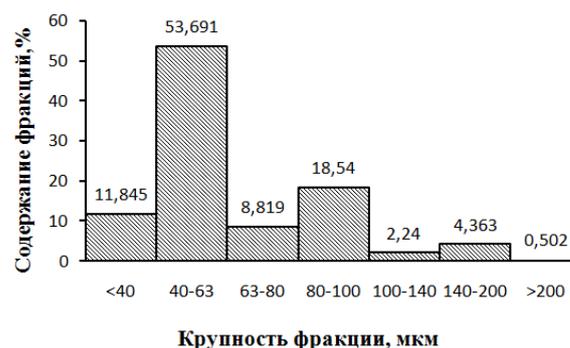


Рис.2. Диаграмма гранулометрического состава измельченного электрокорунда ($f=30$ Гц, $\tau=10$ мин).

На рисунках 3–6 приведены зависимости усадки, плотности, пористости и твердости спеченной керамики в зависимости от частоты и времени механической обработки порошка в планетарной мельнице.

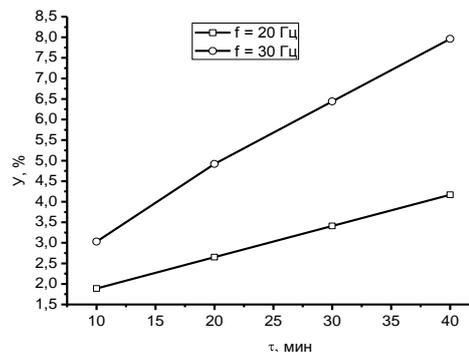
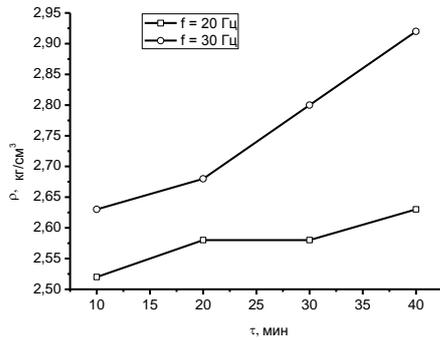
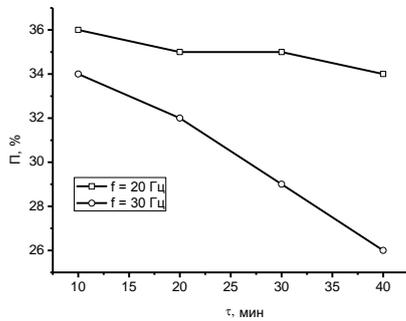


Рис.3. Зависимость усадки(U) от времени()

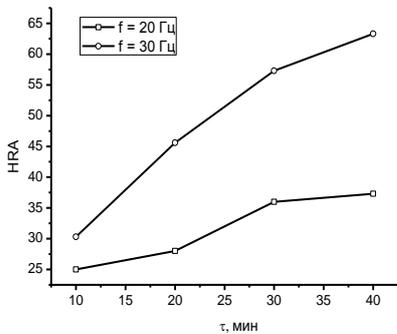
апрацоўкі спечанага электракорунда пры розных частотных рэжымах ($f = 20$ Гц і $f = 30$ Гц)



Рys.4. Залежнасць шчыльнасці (ρ) ад часу (τ) апрацоўкі спечанага электракорунда пры розных частотных рэжымах ($f = 20$ Гц і $f = 30$ Гц)



Рys.5. Залежнасць парызасці (Π) ад часу (τ) апрацоўкі спечанага электракорунда пры розных частотных рэжымах ($f = 20$ Гц і $f = 30$ Гц)



Рys.6.

Залежнасць твёрдасці HRA ад часу (τ) апрацоўкі спечанага электракорунда пры розных частотных рэжымах ($f = 20$ Гц і $f = 30$ Гц)

Табліца 3 – Свойства корундовай керамікі, спечанай з рознымі давакмі пры рэжыме апрацоўкі $f=30$ Гц, $\tau=40$ мин

Даватка	У, %	$\rho_{сп.}$, г/см ³	Π, %	HRA
Без даваккі	7,96	2,92	26	63,3
5% НП Al	9,09	3,07	22	71,3
10% НП Al ₂ O ₃	9,85	3,03	23	68,6
1,5% УДП TiO ₂	13,64	3,48	12	89,6

Відно, што павялічэнне часу механічнай актывацыі электракорундовага парызаска прыводзіць

к суттэўнаму актываванню працэса паследуючага спекання прэсавок

Заклученне

1. Ааналіз дыяграмм грануламетрычнага састава апрацаванага парызаска электракорунда паказаў, што пры павялічэнні частаты апрацоўкі да 30 Гц фракцыя больш за 200 мкм адсуткуе, в тое час, як пры апрацоўцы з частатой 20 Гц саставіненне даннай фракцыі саставіляе амаль 17 % па масе.

2. Рэзультаты вымярэння усадкі парызасці і шчыльнасці спечаных апрацавак паказалі, што павялічэнне часу механічнай актывацыі электракорундовага парызаска прыводзіць да суттэўнаму актываванню працэса паследуючага спекання прэсавок. Так, пры павялічэнні часу апрацоўкі з 10 хвілін да 40 усадка павялічваецца ў 2,2 і 2,6 разы для частат 20 і 30 Гц адпаведна. Парызасць пры гэтым зніжаецца з 36 да 34 % і 34 да 26%. Шчыльнасць спечанай керамікі, атрыманай з парызаска электракорунда апрацаванага пры частаце 30 Гц в тэчэнне 40 хвілін дасягае 2,92 г/см³.

3. Найбольшым актывуючым эфектам, як відно з табліцы 3 аказалася ўвядзенне ў парызаска электракорунда давак ультрадысперснага парызаска TiO₂ і нанопарызаскаў Al₂O₃ і Al. Пры ўвядзенні 1,5% TiO₂ шчыльнасць спечанай керамікі дасягала 3,48 г/см³. Данні эфект актываванага спекання корундовай керамікі пры даваккі TiO₂ вядомы ў керамічнай тэхналогіі.

4. Актываванне спекання корундовай керамікі ўвядзеннем даваккі НП Al₂O₃ аб'ясняецца павышанай актывнасцю нанодысперснага парызаска, якая абумоўлена яго высокай удельнай паверхнасцю і дэфектнасцю крысталічнага будавання наначастіц.

5. Даваккі НП Al рэалізуюць механізм рэакцыйнага спекання корунда: частыцы металічнага алюмінія пры спеканні в атмасферы ваздуха акісляюцца, пры гэтым павялічваецца аб'ёмная і паверхнасная дыфузія атамаў і вакансій, што прыводзіць да актываванню працэса спекання.

Работа выканана в рамках дасяўнавага задання «Навука».

Спісок літэратуры

1. Матренин С.В., Слосман А.И. М 34 Тэхнічная кераміка: Учыбное пасабіе. – Томск: Ізд-во ТПУ, 2004.–75 с.

2. Егоров Ю.П., Лозинский Ю.М., Роот Р.В., Хворова И.А. Матэрыялаведзе ТПУ учыбное пасабіе, 2001.–279 с.

3. Кондратюк А.А., Матренин С.В. Тэхналогія атрымання канструкцыйнага аксіднага керамікі гідрастатычным прэсаваннем. Механіка і машынабудаванне. Сборык тудова. Томск. ТПУ. 2000г. С. 124-126.

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ TiNi

Кейних К.С., Платонова Ю.Н.*

Научные руководители: Чумляков Ю.И., д ф-м н., профессор, Киреева И.В., д ф-м н., профессор
Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634050, Россия, г. Томск, пр.Ленина,36

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина, 30

E-mail: keshka7@mail.ru

Сплавы TiNi широко используются в медицине и в химической промышленности. Так как Ti является гидридообразующим элементом, то необходимо знать, как насыщение водородом будет влиять на мартенситные превращения (МП) и изменение свойств этих сплавов [1,2]. Поэтому в данной работе ставилась задача исследовать на монокристаллах [111] и [162] сплавов Ti-(50,7-51,3)Ni (ат.%) в однофазном состоянии и с частицами Ti₃Ni₄, полученными после старения при T=823K, 1.5 часа, влияние насыщения водородом электролитическим методом при плотности тока j=70-140 мА/см² и T=300 K на механические и функциональные свойства при деформации растяжением.

На рис. 1 представлена зависимость осевых напряжений $\sigma_{0,1}$ для однофазных Ti-50,7%Ni и состаренных Ti-51,3%Ni (ат.%) монокристаллов в зависимости от температуры испытания при деформации растяжением и времени насыщения водородом.

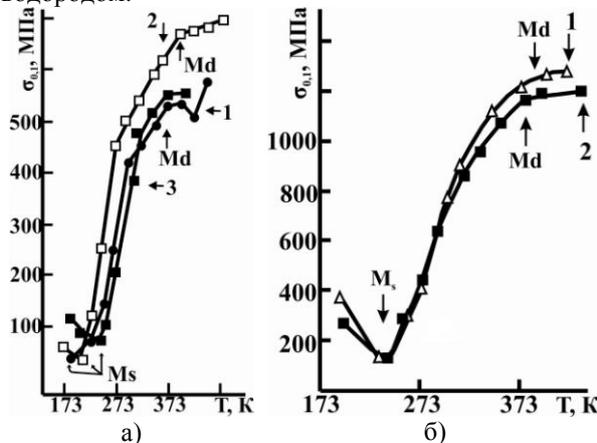


Рис. 1. Температурная зависимость напряжений $\sigma_{0,1}$ монокристаллов TiNi при деформации растяжением при различных режимах насыщения водородом T=300 K: а) Ti-50,7%Ni, ориентация [111]: 1- без водорода; 2- насыщение водородом при j=140 мА/см² и t=2 ч.; 3- t=4 ч.; б) Ti-51,3%Ni, ориентация [162] 1- без водорода; 2- насыщение водородом при j=70 мА/см² и t=2 ч.

Видно, что на кривых $\sigma_{0,1}(T)$ обнаружены три стадии, которые обычно наблюдаются на поли- и монокристаллах сплавов, испытывающих МП под нагрузкой [3]. Наименьшие напряжения на кривых $\sigma_{0,1}(T)$ наблюдаются при температурах, которые соответствуют температуре начала МП M_s при охлаждении. При $T < M_s$ наблюдается первая

стадия, которая характеризуется нормальной температурной зависимостью $\sigma_{0,1}(T)$ и связана с деформацией кристаллов мартенсита за счет движения межвариантных границ. На второй стадии в температурном интервале $M_s < T < M_d$ (M_d – температура, при которой напряжения для образования мартенсита под нагрузкой равны напряжениям пластического течения В2- фазы) обнаружена аномальная температурная зависимость $\sigma_{0,1}(T)$, которая обусловлена зарождением кристаллов В19'- мартенсита под нагрузкой [3]. Зависимость $\sigma_{0,1}(T)$ на этой стадии описывается соотношением Клапейрона-Клаузиуса (1):

$$\frac{d\sigma_{0,1}}{dT} = - \frac{\Delta H}{\varepsilon_0 T_0} \quad (1)$$

здесь T_0 – температура химического равновесия фаз, ΔH – энтальпия превращения, ε_0 – деформация превращения. И, наконец, третья стадия зависимости $\sigma_{0,1}(T)$ при $T > M_d$ связана с пластической деформацией высокотемпературной В2-фазы. Анализ данных представленных на рис.1, а показывает, что насыщение водородом однофазных монокристаллов [111] сплава Ti-50,7%Ni (ат.%) оказывает влияние как на уровень напряжений высокотемпературной В2-фазы, так и на температуры M_s и M_d и, следовательно, на температурный интервал МП под нагрузкой ΔT_{SIM} . Так, насыщение водородом в течение времени t=2 часа при плотности тока j=140 мА/см² сопровождается значительным повышением уровня напряжений В2-фазы: $\sigma_{0,1}^H(B2) - \sigma_{0,1}(B2) = 150$ МПа, повышением температур M_s и M_d на 20К и слабым изменением напряжений $\sigma_{0,1}$ в M_s относительно исходного состояния без водорода (рис.1, а, кривые 1, 2). Температурный интервал ΔT_{SIM} при насыщении водородом в течение времени t=2 ч. увеличивается на 10 К, а $\alpha = d\sigma_{0,1}/dT$ меняется слабо по сравнению с состоянием без водорода.

Увеличение времени насыщения водородом до t=4 ч. характеризуется понижением уровня напряжений В2- фазы относительно меньшего времени наводороживания (рис.1, а, кривые 2 и 3). Следовательно, большие времена насыщения водородом при плотности тока j=140 мА/см² приводят к эффектам разупрочнения высокотемпературной фазы. Из рис.1, а видно, что при насыщении водородом при t=4 ч. наблюдается рост напряжений в M_s и повышение

температуры M_s на 50K относительно исходного состояния без водорода. Температура M_d и $\alpha=d\sigma_{0,1}/dT$ не меняются, а ΔT_{SIM} , напротив, за счет повышения M_s уменьшается в сравнении с исходными кристаллами без водорода на 50 K.

Методами электронной микроскопии и рентгеноструктурного фазового анализа в однофазных кристаллах [111] сплава Ti-50,7%Ni (ат.%) после насыщения водородом при $t=2$ ч. не обнаружено никаких фаз. Следовательно, водород при малых временах насыщения находится в твердом растворе и упрочнение B2-фазы и повышение температур M_s и M_d связано с твердорастворным упрочнением от атомов водорода. При насыщении водородом в течении $t=4$ ч. рентгеноструктурный фазовый анализ обнаруживает фазу $TiNi_3$ (рис.2, а). Обычно данная фаза в сплавах TiNi наблюдается при старении при высоких температурах, когда метастабильная фаза Ti_3Ni_4 переходит в стабильную $TiNi_3$ [3]. Следовательно, водород за счет высокой диффузионной подвижности может генерировать эту фазу при комнатной температуре [1]. Электронно-микроскопически в тонких фольгах наводороженных образцов была обнаружена фаза гидрид титана TiH (рис. 2,б). Следовательно, понижение уровня напряжений на кривой $\sigma_{0,1}(T)$ при насыщении водородом при $t=4$ ч. связано с влиянием водорода на изменение фазового состава монокристаллов Ti-50.7%Ni.

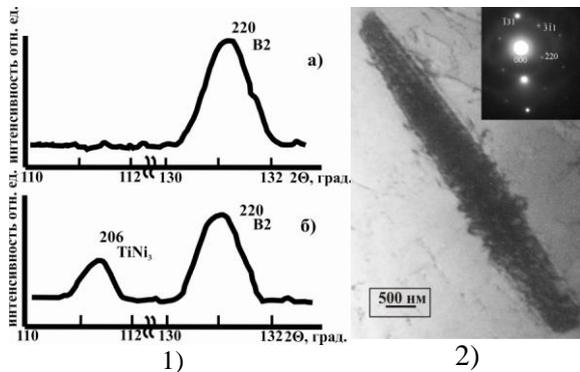


Рисунок 2. Изменение фазового состава монокристаллов сплава Ti-50.7%Ni после насыщения водородом при $j=140$ mA/cm², $t=4$ ч. и $T=300$ K: 1 а) без водорода; 1 б) после насыщения водородом; появление фазы $TiNi_3$; 2) после насыщения водородом; появление фазы TiH

В монокристаллах сплава Ti-51.3%Ni с частицами Ti_3Ni_4 насыщение водородом при плотности тока $j=70$ mA/cm² и времени $t=2$ ч. приводит к уменьшению уровня напряжений B2-фазы $\sigma_{0,1}(B2) - \sigma_{0,1}^H(B2)=80$ MPa, тогда как другие величины на температурной зависимости $\sigma_{0,1}(T)$: M_s , M_d , ΔT_{SIM} и $\alpha=d\sigma_{0,1}/dT$ не изменяются относительно исходного состояния без водорода (рис.1.б). Физическая причина уменьшения напряжений высокотемпературной фазы в сплавах

TiNi с частицами при насыщении водородом может быть связана с влиянием водорода на упругие поля напряжений от частиц, возникающих из-за различия в параметрах между частицей и матрицей. Частицы являются ловушками для водорода. При этом водород, сконцентрированный у частиц, экранирует поля упругих напряжений, тем самым, уменьшая их вклад в упрочнение.

В заключение работы отметим, что насыщение водородом не подавляет термоупругий характер МП и монокристаллы проявляют эффект памяти формы (ЭПФ) и сверхэластичность (СЭ) (рис.3, 4). Малые времена насыщения водородом приводят к увеличению ЭПФ и СЭ относительно исходных кристаллов без водорода.

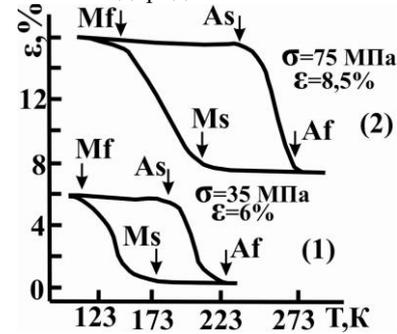


Рисунок 3. Деформация превращения и температуры B2-B19' МП под растягивающим напряжением σ в [111] однофазных монокристаллах сплава Ti-50.7%Ni: 1 – без водорода; 2 – после насыщения водородом при $j=140$ mA/cm², $T=300$ K и $t=4$ ч.

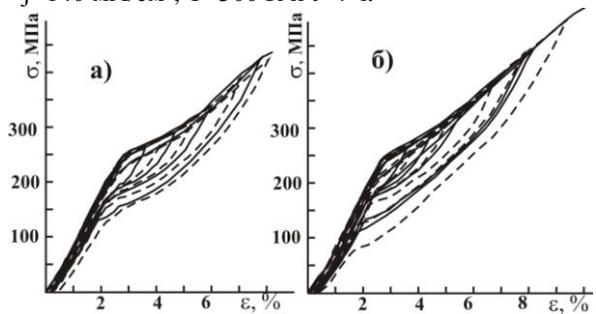


Рисунок 6. Кривые сверхэластичности при деформации растяжением для монокристаллов [162] Ti-51.3%Ni после старения при $T=823$ K, $t=1.5$ ч.: а) без водорода; б) после насыщения водородом при $j=70$ mA/cm², $T=300$ K и $t=2$ ч.

Список литературы:

1. Спивак Л. В. Синергетические эффекты деформационного отклика в термодинамически открытых системах металл-водород // Успехи физических наук.- 2008.- Т. 178.- № 9.- С. 897-922
2. Pelton, Trepanier, Gong, Wick, Chen. Structural and Diffusional Effects of Hydrogen in TiNi // ASM Materials & Processes for Medical Devices Conference.- 2003.- pp. 285-289
3. Otsuka K., Wayman C.M. Shape Memory Materials. – Cambridge University Press, 1998.–284 p

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ОБРАЗЦОВ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ6

О.К.Кичуткина, Е.Е.Дерюгин

Научный руководитель: Е.Е.Дерюгин, д.ф.-м.н., проф.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина 30
olya_kichutkina@mail.ru

1. Введение

При испытании на вязкость разрушения (трещиностойкость) малоразмерных образцов, как правило, используют образцы с шевронным надрезом [1-5]. В образцах с такой конфигурацией не требуется предварительно наводить усталостную трещину.

В процессе выполнения работы были проведены важные вычислительные работы, связанные с использованием при испытании образцов с шевронным надрезом: расчёт модуля Юнга материала; определение интенсивности высвобождения упругой энергии при продвижении трещины G_s (трещиновдвигущей силы) по данным испытаний образцов; определение интенсивности напряжений для трещины отрыва K_{Ic} малоразмерных образцов

2. Методика исследования и материалы

В данной работе использовали образцы из высокопрочного сплава на основе поликристаллического титана ВТ6 со средним размером зёрен $d = 8$ мкм [6]. Испытания проводили на машине растяжения типа ИМАШ. Образцы длиной 18 мм были изготовлены из прутков сечением 6×6 мм². Для данного материала получены диаграммы « $P-\lambda$ », соответствующие скорости нагружения $v = 2,0$ мкм/с. Длину трещины $l = l_0 + \Delta l$ определяли по снимкам боковой поверхности образца с помощью фотокамеры высокого разрешения PENTAX K-5.

На рис. 1 приведена схема образца с шевронным надрезом. $a = 6$ мм, $b = 1,9$ мм, $l_0 = 8$ мм, $\alpha = 60^\circ$, P - нагрузка.

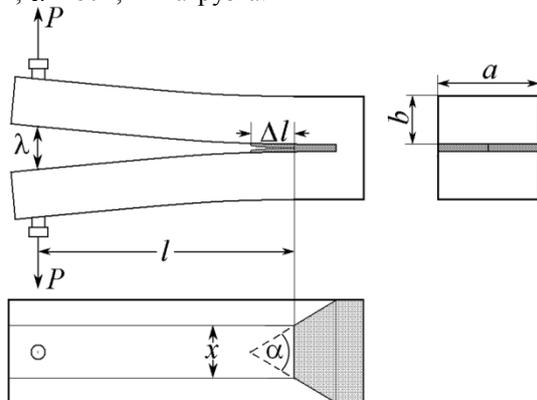


Рис. 1. Схема образца с шевронным надрезом.

При определении условия неустойчивого центра распространения трещины целесообразен энергетический подход. Суть энергетического

критерия разрушения можно сформулировать следующим образом: рост трещины может иметь место в том случае, если система может выделить энергию, необходимую для начала распространения трещины на элементарное расстояние dl . Энергия, необходимая для роста трещины, появляется исключительно за счёт энергии упругой деформации, возникающей в объёме материала под действием внешней приложенной силы.

В лаборатории физической мезомеханики ИФПМ СО РАН, на основе подходов линейной механики разрушения [7-9] получена формула для расчета удельной энергии для малоразмерных образцов с шевронным надрезом:

$$G = \frac{3E \lambda_e^2 b^3}{16 l^4}. \quad (1)$$

где λ_e – упругое смещение точек приложения нагрузки, обусловленное изменением податливости образца в процессе распространения трещины, E – модуль Юнга.

В ходе теоретических расчётов с применением методов теории упругости и сопромата было получено следующее выражение для величины λ_e :

$$\lambda_e = \frac{8Pl^3}{Eab^3} \left[\frac{2\Delta l}{a} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \left(1 - \frac{2\Delta l}{a} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) \frac{l}{l_0} \frac{4 + \frac{a}{l_0} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} + \frac{2\Delta l}{l_0}}{\left[2 + \frac{a}{l_0} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right]^2} \right]^{-1},$$

где P – внешняя приложенная к образцу нагрузка.

Расчет модуля Юнга проводили по формуле, выведенной для случая растяжения образца с шевронным надрезом:

$$E = \frac{8M}{a} \left(\frac{l_0}{b} \right)^3 \left[2 + \frac{a}{l_0} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right]^2 / \left[4 + \frac{a}{l_0} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right].$$

где $M = P/\lambda$ характеризует жёсткость образца на этапе упругого нагружения.

В качестве критерия трещиностойкости в инженерной механике разрушения для трещины отрыва используется, как правило, коэффициент интенсивности напряжений, который связан с удельной энергией разрушения формулой:

$$K_{Ic} = \sqrt{EG / (1 - \nu^2)},$$

где ν – коэффициент Пуассона.

3. Результаты

На рис. 2 приведена диаграмма нагружения высокопрочного сплава ВТ6.

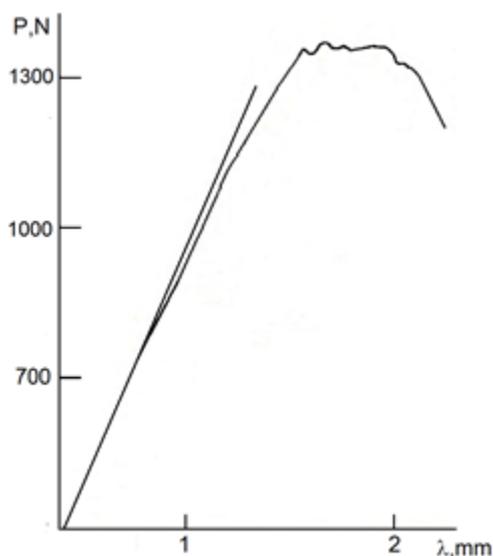


Рис. 2. Диаграмма нагружения высокопрочного сплава ВТ6.

На данной диаграмме наблюдаются три стадии: стадия формирования трещины при возрастающей внешней приложенной нагрузке, стадия, на которой распространение трещины происходит практически при неизменяющейся нагрузке и стадия катастрофического разрушения, в процессе которого происходит падение внешней нагрузки. Начало зарождения и распространения трещины происходит задолго до того, как внешняя нагрузка достигнет максимума. Прерывистый характер диаграммы свидетельствует о том, что на всех этапах нагружения трещина распространяется скачкообразно.

На рис. 3 приведены зависимости

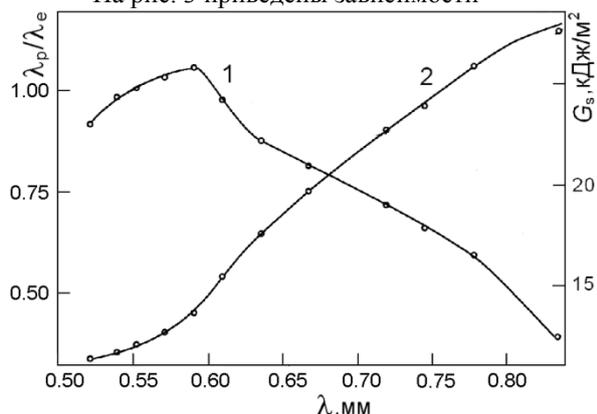


Рис. 3. Зависимости механических характеристик сплава ВТ6 от смещений точек приложения нагрузки: 1 – удельная энергия разрушения, 2 – отношение λ_p/λ_e .

Видно, что с момента достижения максимальной нагрузки происходит двухстадийное уменьшение удельной энергии разрушения. Резкое уменьшение довольно быстро замедляется и далее происходит монотонное уменьшение величины G (кривая 1). Вклад пластической деформации λ_p в общее смещение точек приложения нагрузки λ непрерывно возрастает и выходит на насыщение (кривая 2).

Расчёты показывают, что на пике нагрузки значение $G = G_s$ максимально и, следовательно, может служить критерием трещиностойкости исследуемых материалов при заданных геометрических параметрах и условий нагружения образцов. В данном эксперименте получено следующее значение максимальной энергии разрушения: $G_s = 27$ кДж/м².

4. Заключение

В работе применена новая методика определения трещиностойкости титанового сплава ВТ6 по данным испытаний малоразмерных образцов с шевронным надрезом. Данная методика позволила выделить вклад пластической деформации в смещения точек приложения нагрузки, не связанные с изменением податливости образца в процессе распространения трещины. Показано, что для данного сплава этот вклад соизмерим с величиной упругих смещений, обусловленных увеличением длины трещины.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука».

Литература

- [1] L.M. Barker: Int. J. of Fracture, Vol. 16 No. 6 (1979), p. 515.
- [2] C.T. Wang, R.M. Pillar: J. Mater. Sci. No 24 (1989), p. 2391.
- [3] T.J. Grant, L. Weber, A. Mortensen: Engineering Fracture Mechanics No. 67 (2000), p. 263.
- [4] Б.А. Дроздовский, Т.В. Полищук, В.П. Волков: Заводская лаборатория No.6 (1987). с. 74.
- [5] Р.Р. Рахимкулов: Нефтегазовое дело Т. 2 (2010), с. 1.
- [6] Д. Брок: Основы механики разрушения. М: Высшая школа. 1980. (D. Broek: *Elementary engineering fracture mechanics*/Leyden, 1974).
- [7] Подскребко М.Д. Сопротивление материалов. Минск: Вышэйшая школа, 2007.
- [8] Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. - 1975; М.: Наука.– 576 с.
- [9] А.А. Ильин, Б.А. Колачёв, И.С. Полькин: *Титановые сплавы. Состав, структура, свойства*: Справочник. – М.: ВИЛС МАТИ (2009).

УПРОЧНЕНИЕ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ДИФфуЗИОННЫМ БОРИРОВАНИЕМ

Ключерева А.Б., Мосорова А.В.

Научный руководитель: Мосоров В.И., к.т.н., доцент
Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
670013, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40В
E-mail: vlmosorov@yandex.ru

Поверхностные слои деталей машин и инструмента в процессе эксплуатации наиболее интенсивно подвергаются температурно-силовым воздействиям, поэтому структура и свойства поверхностных слоев оказывают важное влияние на их работоспособность.

С этой точки зрения представляет интерес повышение износостойкости деталей машин и инструмента методами химико-термической обработки (ХТО). Методы ХТО, изменяя диффузионным путем структуру поверхностного слоя, повышают прочность, износостойкость и теплостойкость инструментального материала за счет образования более устойчивых при нагреве соединений (карбидов, нитридов, боридов и др.) [1,2,4].

Наиболее распространенными методами диффузионного упрочнения являются цементация, нитроцементация и азотирование. Применяется также хромирование, силицирование, борирование и многокомпонентное насыщение поверхностных слоев несколькими химическими элементами. Наиболее перспективным методом ХТО для литых изделий является борирование.

Борирование – это процесс насыщения металлов и сплавов бором. Борирование проводят с целью повышения износостойкости (в условиях трения скольжения со смазкой или без нее, абразивного износа, фреттинг-коррозии и т.д. и т.п.), коррозионной стойкости железоуглеродистых сплавов во многих агрессивных средах и окислительной стойкости при температурах до 650°C [2, 3].

В данной работе проводили процесс борирования на стали 45, проводили по традиционной технологии. В качестве диффузанта содержащего компонента использовали карбид бора (B_4C) и в качестве активатора тетрафторборат калия (KBF_4). Перед использованием все компоненты просушивали, а карбид бора дополнительно прокачивали при температуре 400 °C в течение 2 часов. Герметизацию контейнера проводили с помощью борного ангидрида.

Металлографические исследования проводили методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) и методом оптической микроскопии. ДюрOMETрические исследования проводили на микротвердомере ПМТ-3.

На среднеуглеродистой стали 45 при температуре 950 °C в течение 3 часов сформировался диффузионный слой толщиной 350-450 мкм (см.рис.1). После проведения

борирования слой имеет характерное игольчатое строение. Иглы боридов, срастаясь в основаниях, образуют сплошной слой боридов. Борированный слой состоит из двух зон: зоны боридов и переходной зоны. Зона боридов составляет 110-120 мкм, а переходная зона составляет 250-350 мкм.

Зона боридов состоит из двух фаз FeB и Fe_2B .

Причем напряжения, возникающие в фазе FeB , являются растягивающими, тогда как в фазе Fe_2B – сжимающие. Растягивающие напряжения существенно снижают пластичность покрытия. Уже при небольших изгибных, сжимающих и, особенно, ударных нагрузках происходит разрушение покрытия до его полного отслаивания [1].

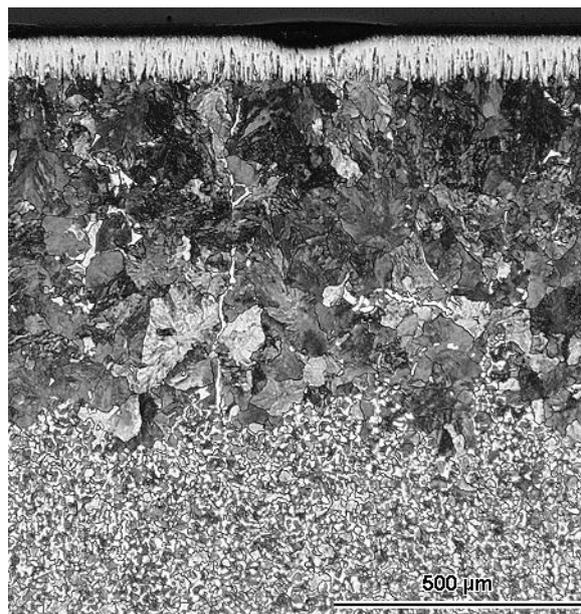


Рис.1. Микроструктура стали 45 после диффузионного борирования

Микротвердость измеряли с помощью прибора ПМТ-3, с нагрузкой 50 г., распределение микротвердости показано на рисунке 2. Максимальная микротвердость боридного слоя в пределах 22500 МПа. Анализ механических свойств, позволяет применять борирование для повышения износостойкости изделий, в данном случае упрочнению подвергались втулки из среднеуглеродистой стали 45.

Производственные испытания проводились на правильных втулках правильно-отрезного станка.

Пры вытворенні жалезабетонных канструкцый імяжуецца арматурная проволока маркі Вр1, дыяметрам $3 \div 5$ мм, якая паставляецца ў бухтах вясом 1 тונה. Для таго каб выправіць проволоку імяжуецца правільна-отрезной аўтамат. Пад дзействам імяжуцыя тьянуцыя ролікаў арматурная проволока разматываецца с спецыяльнага ўстрыства і прійдзя чяруз оградженье, паступаец ў правільны барабан, гдэ падвергаясь многакратному знакоперемьному ізгібю выпрамяляеця. В правільном барабане імяжуеця напавляюцыя втулки, котрыя катастрофическы ізнашываюцыя.

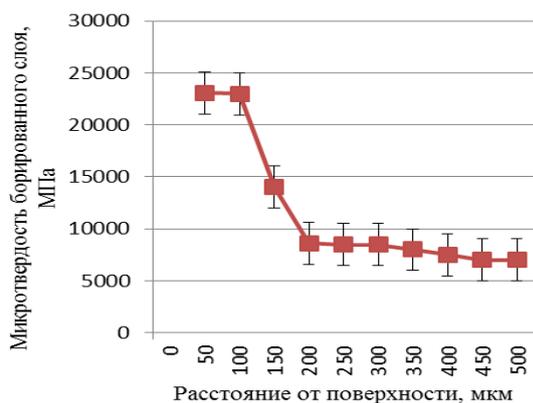


Рис.2. Распределение микротвердости борированного слоя на стали 45

Борирование втулок проводилось в порошковой смеси указанного выше состава, при температуре 950 °С и 3 часа выдержки. После борирования проводили термическую обработку втулок: закалка и отпуск. Закалку проводили с повторного нагрева, для измельчения аустенитного зерна переходной зоны.

После термической обработки втулки подвергались визуальному контролю, при осмотре не были замечены сколы, трещины и другие поверхностные дефекты.



Рис.3. Правильная втулка после диффузионного упрочнения

В результате производственных испытаний, добились увеличения эксплуатационных свойств

борированных направляющих втулок в 5 раз. На втулках после эксплуатации следов скалывания не были замечены.

Заклученье

В этой работе исследована структура, микротвердость борированного слоя и проведено производственное испытание на правильных втулках из среднеуглеродистой стали 45. Исследования показывают что, борированный слой глубиной 120 мкм имеет микротвердость $22500 \div 17000$ МПа, были проведены производственные испытания в результате, чего повысили стойкость правильных втулок в 5 раз по сравнению с высоколегированной сталью.

Літэратура

1. Ворошнин Л.Г., Ляхович Л.С. Борирование стали.- М.: Металлургия, 1978. – 239 с.
2. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: Справочник// Под ред. Л.С. Ляховича. – М.: Металлургия, 1981. – 424 с.
3. Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Махаров Д.М., Мосоров В.И. Химико-термическая обработка литой стали / Ползуновский вестник. - № 2. – 2005. – С. 113.
4. Мосоров В.И. Исследование фазового состава и дислокационной структуры борированной стали 55Л [Текст] / В.И. Мосоров, А.Д. Грешилов, Б.Д. Лыгденов // Ползуновский вестник. – 2012. - № 1. – С. 25-31.

ТРОЙНАЯ СИСТЕМА Cu-Pd-Pt. УПОРЯДОЧЕННЫЕ СТРУКТУРЫ

Кнестяпин Е.А.¹, Маркова Т.Н.², Клопотов А.А.¹

Научный руководитель: Клопотов А.А., д.ф.-м.н., профессор

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет

²Сибирский государственный индустриальный университет. 654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2. E-mail: klopotovaa@tsuab.ru

В настоящей работе приведены результаты анализа многокомпонентных фазовых диаграмм в системе Cu-Pd-Pt на основе топологических принципов. Особенностью двойных систем Cu-Pd и Cu-Pt ограничивающие тройную систему Cu-Pd-Pt является наличие большого набора упорядоченных сверхструктур L1₀, L1₁, L1₂, L1₂(M), L1₂(MM), L1₃ и B2, которые образуются в результате совмещенного фазового перехода порядок-беспорядок и структурно-фазовых превращений [1,2].

В литературе большое внимание уделено исследованию упорядоченным структурам в сплавах системы Cu-Pd [1,2]. По данным [3] обнаружено два перитектоидных равновесия (см. вставка на рис. 1 [4]) с образованием одномерных и двумерных длиннопериодических сверхструктурных фаз в L1₂(M) и L1₂(MM) соответственно [4]. В области состава Cu-40 ат.% Pd и при температурах порядка 600 °C из разупорядоченного твердого раствора на основе

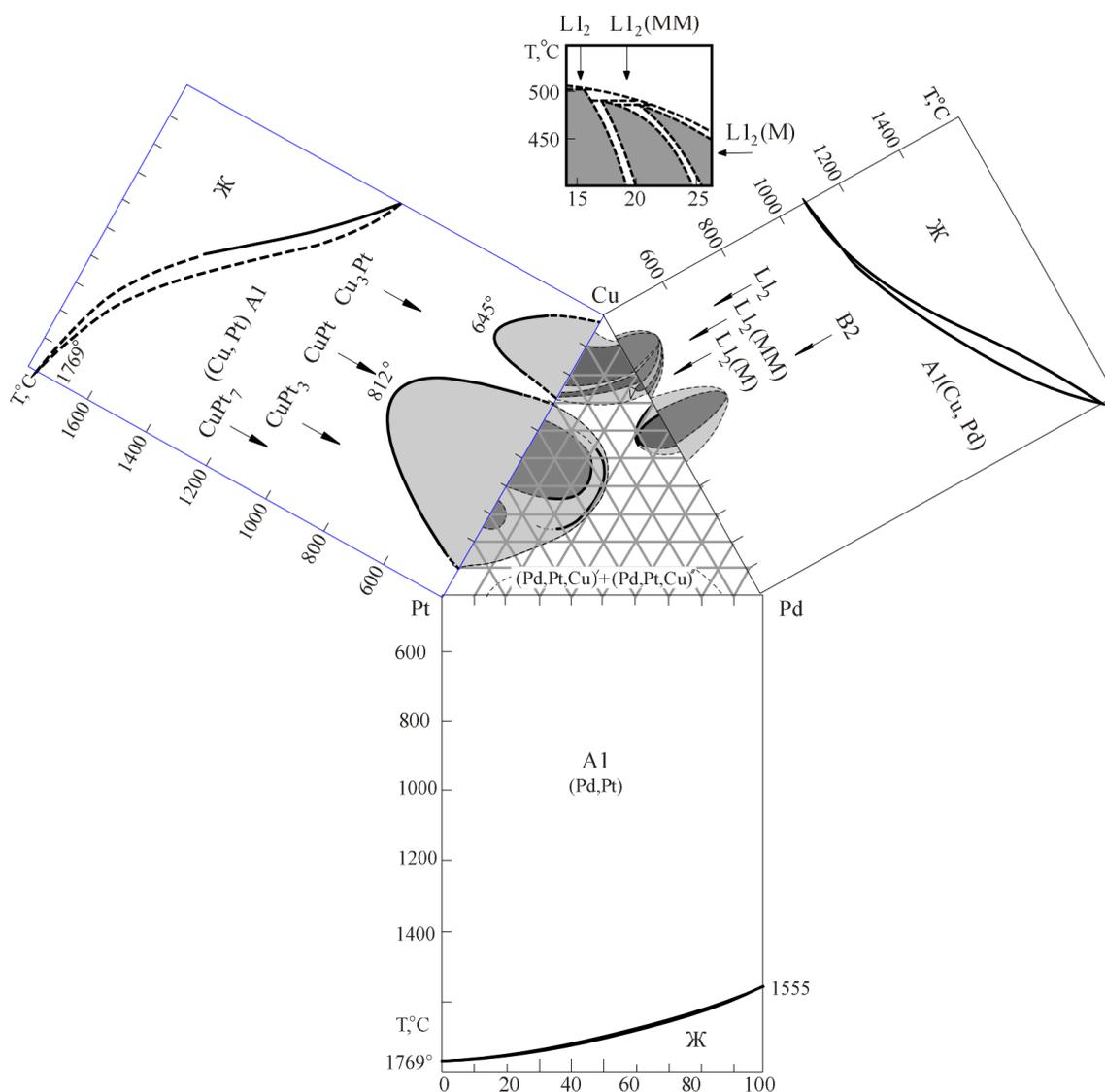


Рис. 1. Бинарные диаграммы систем Cu-Pd, Cu-Pt, Pd-Pt [3,4] и изотермическое сечение тройной системы Cu-Pd-Pt при 400 °C [5,6]

ГЦК решетки в результате структурного фазового перехода, который сопровождается фазовым переходом порядок-беспорядок, образуется сверхструктура B2 [1-3].

Здесь отличительной особенностью между бинарными системами Cu-Pt и Cu-Pd является то, что в области эквиатомного состава в системе Cu-Pt образуется ромбоэдрическая

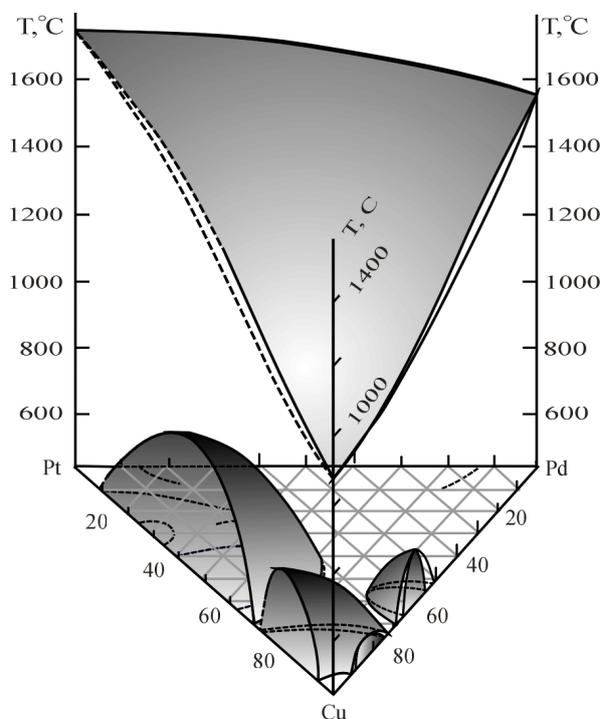


Рис. 2. Схема пространственной диаграммы состояния системы Cu-Pd-Pt

сверхструктура $L1_1$ ($D_{3d}^5 - R\bar{3}m$) с 54-мя атомами на элементарную ячейку, а в системе Cu-Pd кубическая сверхструктура B2 ($O_h^1 - Pm\bar{3}m$) с 2-мя атомами на элементарную ячейку. Это явление нашло отражение в распространении областей фазового равновесия тройных соединений с B2 и $L1_1$ структурами в тройной системе Cu-Pd-Pt. В этой тройной системе видно, что области на основе этих соединений ограничены, занимают широкие области гомогенности, не соприкасаются и вытянуты в направлениях к углам изотермического треугольника. Такая форма распространения области тройных соединений на основе сверхструктур B2 и $L1_1$ позволяет сделать предположения: первое – в соединении CuPt 3-й легирующий элемент (атомы Pd) равновероятным образом может занимать узлы атомов Cu и Pt в элементарной ячейке $L1_1$; второе – в соединении CuPd 3-й легирующий элемент (атомы Pt) равновероятным образом может занимать узлы атомов Cu и Pd в элементарной ячейке B2.

На основе литературных данных [3,4] и при помощи геометрического построения многокомпонентных фазовых диаграмм на основе топологических принципов, развитых в работах [11,12], были построены схема пространственной диаграммы системы Cu-Pd-Pt.

Приведенная пространственная диаграмма в высокотемпературной области наглядно показывает как плавный ход линий ликвидуса и солидуса в двойных металлических системах проецируется в тройной системе. Гладкая поверхность ликвидуса и солидуса без складок, гребней и сингулярных линий в тройной системе отражает ситуацию, что в тройной металлической системе Cu-Pd-Pt происходит образование непрерывных твердых в процессе кристаллизации между компонентами в области высоких температур.

В температурных областях ниже 800 °C в тройной системе Cu-Pd-Pt результате сложных межатомных взаимодействий компонентов в тройных металлических сплавах происходят структурно-фазовые переходы, которые отражают поверхности превращений в твердом состоянии (рис. 2).

Список литературы

1. Клопотов А.А., Тайлашев А.С., Козлов Э.В. О механизме структурного фазового превращения в сплаве CuPd //Изв. Вузов. Физика. – 1988. №6. – С.67–72.
2. Клопотов А.А., Тайлашев А.С., Потеев А.С., Козлов Э.В. Неустойчивость кристаллической решетки сплава CuPd// Изв. Вузов. Физика. – 1997. N3, С.93–102.
3. Диаграммы состояния двойных металлических систем /Под ред. Лякишева Н.П. М.: Машиностроение. – 1996-2000. – Т. 1–3.
4. Barthlein S., Winning E., Hart G.L., Muller S. /Stability and instability of long-period superstructures in binary Cu-Pd alloys: A first principles study //Acta Materialia.- 2009. – V.57. – P.1660–1665
5. Nakahigashi K. $L1_2$ -Type Ordered Phase in Cu-Pt-Pd Ternary Alloys// Jpn. J. Appl. Phys. – 1986. – V.1, №25(9). P.1284–1287.
6. Golikova N.N., Laptevskiy A.S., Gushchin G.M., Syutkina V.I. Phase Transformations in the System of Palladium-Copper-Platinum Alloys// Phys. Met. Metallogr. – 1991. – V. 72(6). P. 136–140.
7. Громаков С.Д. О некоторых закономерностях равновесных систем. Казань.: КГУ. – 1961. 450 с.
8. Платник Л.С., Ландау А.И. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах. Харьков. ХГУ. – 1961. 392 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ ПРИ ОЧИСТКЕ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЕЙ В КАТАЛИТИЧЕСКИХ НЕЙТРАЛИЗАТОРАХ ПОЛУЧЕННЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА

Александрова Л.С., Коломеец М.А.

Научный руководитель: Тубалов Н.П., д.т.н., профессор
АлтГТУ им. Ползунова, 656038, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46

E-mail: milka.alex@inbox.ru

В работах Р.А. Юсупова, А.И. Кирдяшкина, Ю.М. Максимова, А.Я. Никитина приведены результаты изучения возможности получения пористых керамических материалов из недорогого природного сырья: концентратов ильменита и кварца. Показано, что с учетом характера горения при высокотемпературном синтезе компоненты шихты можно разделять на активные и пассивные. К активным отнесены аммоний, ильменит, кремний, а к пассивным - оксид алюминия, хром, медь и другие.

Эти работы были продолжены С.Н. Павловым, использовавшим в составе шихты формовочные глины и кремний, О.А. Лебедевой, разработавшей ряд состав шихты с использованием руд минералов, Н.П. Тубаловым, А.Л. Новоселовым в АлтГТУ, расширившими круг используемых минералов, У.В. Новоселовой, М.Г. Приходько в ВКГТУ, Ж. Исаевой в ВКГУ изучившими физические и физико-механические свойства новых материалов.

Редкоземельные металлы в области катализатора применяются давно в связи с их высокой каталитической активностью. Наиболее универсальными катализаторами являются оксиды церия. Есть опыт использования церия в качестве гидроуглеродного катализатора для самоочистки печей [1]. Ценность этих данных заключается в том, что церий вводится в состав керамической облицовки печей. Соединения переходных элементов с незаполненной d-оболочкой каталитически активны.

Церий относится к наиболее распространенным лантаноидом, содержится в полиметаллических рудах, в том числе, в монаците (Ce, La, Th, Y)PO₄, бастнезите (CeFeCO₃).

Интерметаллические соединения, которые являются продуктом СВ-синтеза интересны тем, что дают возможность получать пористые проницаемые структуры обладающие каталитическими свойствами. Это класс материалов обладающих заданными уникальными свойствами, в зависимости от состава.

При использовании технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза целью являлось получение пористой скелетной структуры с каталитическими свойствами (см. рисунок 1).

Изучение ресурсной базы для производства изделий по технологиям высокотемпературного синтеза, например, Р.А. Юсуповым, А.И. Кирдяшкиным, Ю.М. Максимовым, Л.Я.

Никитиным [2], С.Н. Павловым, О.А. Лебедевой показало, что составы шихты могут формироваться с использованием некоторых руд и минеральных материалов.

К. Гшнейдер установил, что для РМЗ цериевой подгруппы в системах с медью существует по 4 химических соединения, а в системах РМЗ иттриевой подгруппы - по 5 химических соединений. Это говорит о том, что на границах зерен фосфата (Ce, La) [PO₄], фторокарбаната Ce[CO₃](FОН), минералов руд бастензита, лапорита с медью можно ожидать четыре следующих соединения: CeCu; CeCu₂; CeCu₄; CeCu₆. На границах зерен фосфата иттрия YPO₄ и меди можно ожидать четыре следующих соединения: YCu; YCu₂; YCu₄ и YCu₆. Температура плавления Ce составляет 1088К. Таким образом, в структуре материала, представляющего собой продукт высокотемпературного синтеза могут иметь место соединения, представляющие собой катализатор в процессе окисления оксида углерода в отработавших газах.

Поскольку в базовой шихте для получения СВС-материалов присутствует достаточное количество алюминия, на границах зерен можно ожидать гамму соединений с церием, являющихся катализаторами.

В рассматриваемой системе железо вступает в СВС-процессах, как скелетообразующего материалов, содержится в шихте по массе до 47,5%. поэтому непосредственный интерес возникает о соединениях, образуемых железом и РМЗ, в частности церием. Вообще соединение наиболее богатое церием - Fe₂Ce. Второе соединение - Fe₃Ce. РМЗ в железе растворяется не более 0,5% по массе, практически не влияет на температуру полиморфного превращения $\gamma \leftrightarrow \delta$ железа. Соединения Fe₂Ce и Fe₃Ce на границах зерен металлов могут участвовать в процессах очистки как катализаторы.

Поскольку Ni сам является катализатором, появление его соединений с церием служит увеличению активных центров катализаторов в материале. Этим объясняется увеличение каталитических свойств материала при появлении соединений никеля с церием.

В литературе отмечается, что все РМЗ с хромом образуют диаграммы с широкими областями несмешиваемости в жидком и твердом состояниях. Из всех исследованных систем только диаграмма скандия с хромом характеризуется

полной смешиваемостью в жидком состоянии и наличием эвтектической реакции при 1353К. Добавки 1% церия повышают температуру рекристаллизации хрома на 50...70°.

Другие диаграммы состояния реагирующих компонентов шихты рассмотрены в работах сотрудников АлтГТУ им. И.И. Ползунова [3, 4].

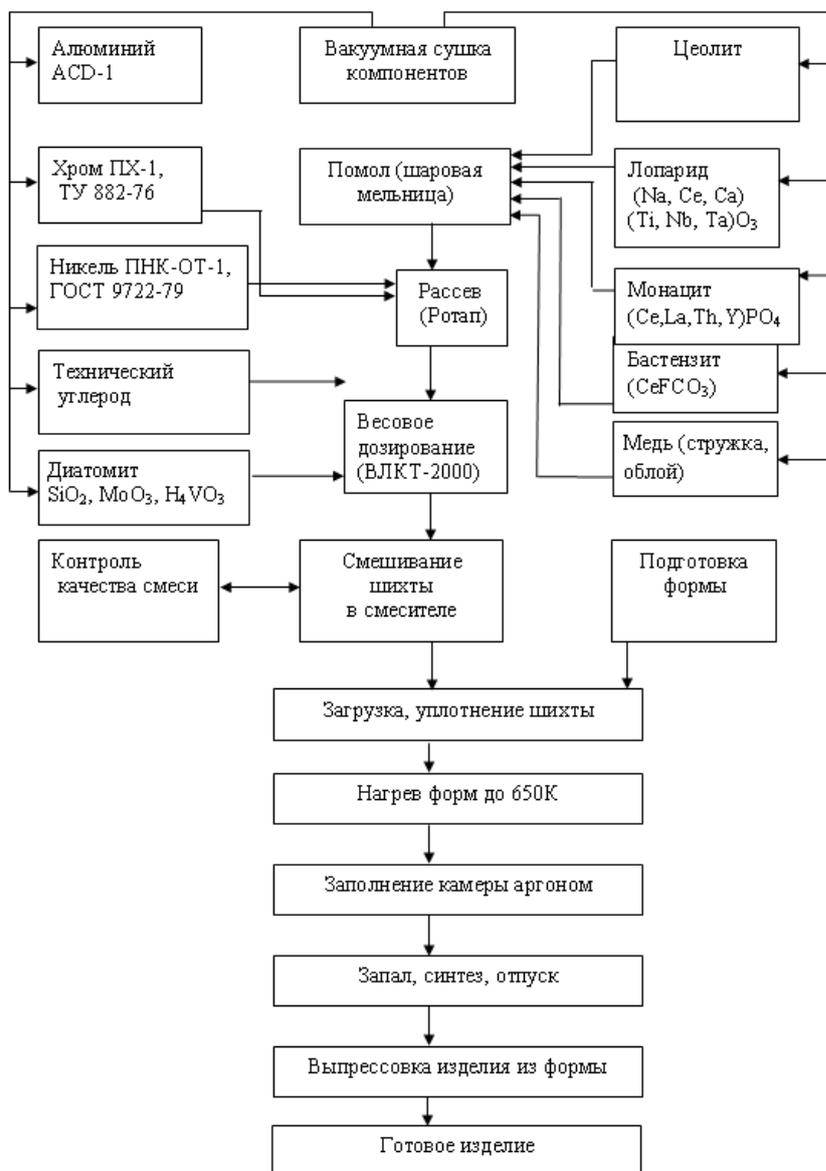


Рисунок 1 - Технологическая схема производства коррозионностойких материалов для фильтров методом СВС

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Завьялова, У.Ф. Окисление СО. Глубокое окисление CH_4 и восстановление NO_x пропаном на катализаторах CuCO_2O_4 и Pd-CeO_2 , нанесенных на ленточные носители // У.Ф. Завьялов, В.Ф. Третьяков, Т.Н. Бурдейкая и др. // Нефтехимия. - 2005. - Т. 45. - № 4. - С. 281-286.
2. Санин, В.Н. Получение интерметаллических катализаторов глубокого окисления СО и углеводородов / В.Н. Санин, Д.Е. Андреев, Е.В. Пугачева и др. // Неорганические материалы. - 2009. - Т. 45. - № 7. - С. 839-846.
3. Груданов, В. Я. Физико-химические и теплообменные процессы в каталитических нейтрализаторах с утилизацией теплоты отработавших газов // Двигателестроение. - 1991. - № 1. - С. 47-49.
4. Деев, И.С. Исследование микроструктуры и особенностей разрушения эпоксидных полимеров и композиционных материалов на их основе / И.С. Деев, Л.П. Кобец // Материаловедение. - 2010. - № 5 (158). - С. 8-16.

ВЛИЯНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОЙ ПРИРОДЫ АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ НА ПРОЧНОСТЬ СЦЕПЛЕНИЯ С ЯЧЕЙСТЫМ БЕТОНОМ

Костыленко К.И., Черноусов А.С., Виснап А.В.

Научный руководитель: Моргун Л.В., д.т.н., профессор

Ростовский государственный строительный университет,
344022, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая 162
E-mail: 367960@gmail.com

Важнейшим материалом, необходимым для возведения разнообразных строительных конструкций в настоящее время и в обозримом будущем будет бетон [5]. Он широко используется во всех сферах деятельности человека, которые предъявляют к нему весьма разнообразные требования.

Бетон, как и всякий каменный материал, хорошо сопротивляется сжимающим нагрузкам, но он хрупок и слабо противодействует растягивающим напряжениям. Частично решить эту проблему способны различные способы армирования [1].

Для повышения прочности строительных изделий на растяжение наиболее широко применяется конструкционная арматура, преимущественно металлическая. Такая арматура способна эффективно проявлять свои достоинства в бетонах слитной структуры, однако её применение ведет к неоправданно высокому повышению массы конструкций в ячейстых. В настоящее время существуют альтернативные материалы для армирования бетонов. Одним из них является стеклопластик.

Применение стеклопластиковой арматуры в бетонах ячейстой структуры может позволить им избавиться от следующих проблем, возникающих при использовании металлической арматуры:

- Необходимости в дополнительной защите арматуры от коррозии в силу высокой паропроницаемости их структуры;
- Неоправданно высокой массы конструкций (плотность стали 7800 кг/м³, а у стеклопластиков около 2000 кг/м³).

Стеклопластики известны с 1944 г., однако широкого распространения в строительстве пока не получили из-за того, что их механические свойства не достаточно хорошо изучены и по величине уступали металлическим материалам [3] аналогичного назначения.

В настоящее время известно, что стеклопластиковая арматура довольно широко применяется при устройстве многослойных строительных конструкций [7]. Разработаны полимеры, обладающие досточным для строительной практики диапазоном термоустойчивости. Налажен промышленный выпуск стекловолокон со стабильными механическими свойствами. Перечисленные предпосылки позволяют прогнозировать возможность эффективного применения стеклопластиковой арматуры в изделиях из бетона строительного назначения.

Во всем мире проблемам теплоизоляции ограждающих конструкций зданий, сооружений, промышленного оборудования и тепловых сетей, как наиболее эффективному пути сокращения теплопотерь, уделяется пристальное внимание уже не одно десятилетие. В России вопросы теплосбережения в последние годы также вошли в ряд первостепенной важности [6]. Изменение требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий и сооружений обострило проблемы производства и применения в конструкциях современных теплоизоляционных материалов. Одним из вариантов ее решения может стать развитие научных исследований в области технологии ячейстых бетонов [4].

Можно выделить целый ряд областей, в которых применение стеклопластиковой арматуры более предпочтительно, чем её металлического аналога [7]. Прежде всего, к подобным сферам можно отнести бетонные армированные емкости и хранилища химических производств, а также системы канализации и водоочистки, которые характеризуются наличием большого количества солей и прочих агрессивных веществ. Прекрасно подходит стеклопластиковая арматура для укрепления дорожного полотна, при выполнении работ по берегоукреплению, при возведении фундаментов на основаниях с высоким залеганием грунтовых вод и при выполнении ряда иных строительных работ. Полагаем, что стеклопластик перспективен для армирования изделий из ячейстых бетонов.

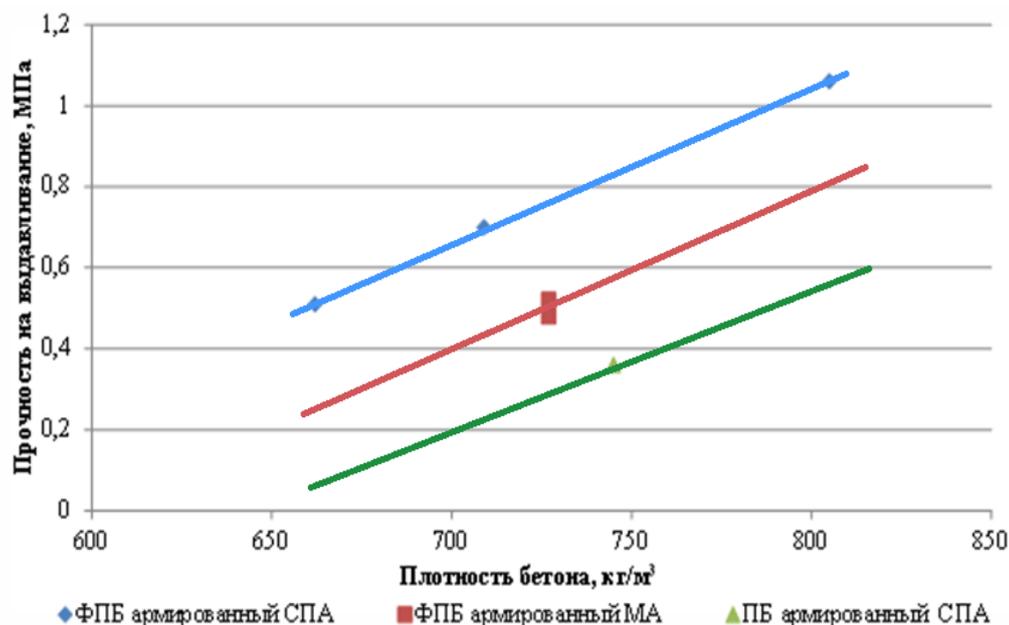


Рисунок 1 - Зависимость прочности сцепления арматуры с бетоном в зависимости от её материала

Нами был выполнен эксперимент по оценке величины сцепления арматуры периодического профиля различных диаметров и из различных материалов с пенобетонами (ПБ). Для оценки сцепления были изготовлены серии образцов из пенобетонов различной рецептуры:

- Стержневой стеклопластиковой арматурой (СПА) и металлической (МА)
- Наличием дисперсной синтетической арматуры – фибропенобетоны (ФПБ)

По результатам испытаний равноплотных пено- и фибропенобетонных образцов установлено, что прочность их сцепления со стеклопластиковой арматурой на 35..45% превысила прочность сцепления с металлической.

Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод о том, что эффективность анкеровки стеклопластиковой арматуры в ячеистых бетонах различной рецептуры не уступает металлической. Поэтому в ходе дальнейших исследований предполагается оценить надежность работы стеклопластиковой арматуры в строительных изделиях различного назначения. Необходимость таких исследований предопределена различиями в термостойкости и ползучести стеклопластикой и железа.

Список литературы

1. Байков В.Н. Железобетонные конструкции. М., Стройиздат, 1984г., 728с.;

2. Комаровский А. Н. Панельное и крупноблочное строительство промышленных и энергетических объектов. М., Энергия, 1970г., 126с.;

3. Свечников О.И. Конструкция и устройство судов внутреннего плавания. М., Транспорт, 1964г., 103с.

4. Моргун Л.В., Богатина А.Ю. Энергосберегающая технология строительства из пенобетона // Современные наукоемкие технологии. – 2004. – № 2, С. 86-88.

5. Чернышов Е.М., Славчева Г.С., Коротких Д.Н. Структура порового пространства твердофазных строительных композитов: материаловедческое обобщение //Вестник отделения архитектуры и строительных наук. Москва-Орел: РААСН, АСИ ОрелГТУ, 2009. - С.196-219.

6. Теплоизоляционные материалы – в центре внимания НТС Госстроя России. // Строительные материалы. 2000 г. - №4, С.38-39;

7. Башара В.А., Савин В.Ф. Стеклопластиковая арматура в современном домостроении. // Строительные материалы. 2000 г. - №4, С.6-8;

ВЛИЯНИЕ КРУЧЕНИЯ ПОД КВАЗИГИДРОСТАТИЧЕСКИМ ДАВЛЕНИЕМ НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ 06МБФ

Кошовкина В.С., Майер Г.Г.

Научный руководитель: Астафурова Е.Г., к.ф.-м.н., доцент
НИ Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: koshovkina_ys@mail.ru

Введение

Возможность существенного измельчения зеренной структуры в ходе интенсивной пластической деформации хорошо известна и описана в литературе [1-2]. Имеется большое количество схем интенсивной пластической деформации (ИПД) для получения ультрамелкозернистых металлических материалов, таких как равноканальное угловое прессование, кручение под высоким давлением, мультиосевая деформация, винтовая экструзия и др. [1]. В основном, методы ИПД применяли для формирования ультрамелкозернистых состояний преимущественно в пластичных материалах (Cu, Ni, Al, Ti и др.) [1-2]. Работ посвященных ИПД сталей немного, что связано с технологическими трудностями их деформирования, хотя ИПД сталей позволяет создавать новые материалы с высокими прочностными характеристиками, которые имеют перспективы дальнейшего практического применения.

В данной работе исследовали влияние интенсивной пластической деформации методом кручения под квазигидростатическим давлением (КГД) на структуру и механические свойства низкоуглеродистой стали 06МБФ.

Методика эксперимента

В качестве объекта исследования была выбрана сталь 06МБФ (Fe-0,1Mo-0,6Mn-0,8Cr-0,2Ni-0,3Si-0,2Cu-0,1V-0,06Nb-0,09C) в исходном ферритном состоянии. Исходные заготовки из стали 06МБФ закаивали от 920°C (30 мин.), затем проводили высокий отпуск (улучшение) при температуре 670°C (1 час).

Сталь подвергали интенсивной пластической деформацией методом кручения под квазигидростатическим давлением (КГД). Деформацию проводили под давлением 4 ГПа на наковальнях Бриджмена при температурах T=20 °C и 450 °C на пять полных оборотов. После КГД получали диски диаметром 10 мм и толщиной 0,2 мм.

Металлографические исследования проводили на оптическом микроскопе Olympus GX-71. Средний размер структурных элементов в исходном состоянии стали определяли методом секущих по оптическим изображениям, полученным в плоскости кручения дисков.

Механические свойства стали до и после ИПД оценивали путем измерения микротвердости по методу Виккерса с использованием

микротвердомера Duramin 5, при нагрузке на индентор 200 г., время нагружения 10 сек. За среднее значение микротвердости брали значение, измеренное на середине радиуса диска. Для анализа однородности структуры стали после КГД микротвердость измеряли вдоль диаметра образца с шагом 0,2 мм.

Рентгеновские исследования выполняли на дифрактометре Shimadzu XRD-6000 (с монохроматором) с использованием Cu K α излучения. Расчет микроискажений и размеров областей когерентного рассеяния осуществляли методом аппроксимации.

Результаты эксперимента

На рисунке 1 представлены оптические изображения протравленной поверхности образцов стали 06МБФ в исходном состоянии. Закалка и последующий высокотемпературный отпуск (улучшение) привели к формированию ферритного состояния сложной морфологии. Отпуск стали привел к распаду мартенсита, образованного после закалки, формированию глобулярного феррита с размером зерна 2,4 мкм и феррита, унаследовавшего морфологию пакетного мартенсита, с толщиной пластин ~ 0,4 мкм [3]. После ИПД кручением микроструктура стальных образцов не разрешается методом оптической металлографии (наблюдается однородный затрав). Это качественно свидетельствует в пользу того, что метод КГД способствует формированию ультрамелкозернистой структуры в исследуемых образцах.

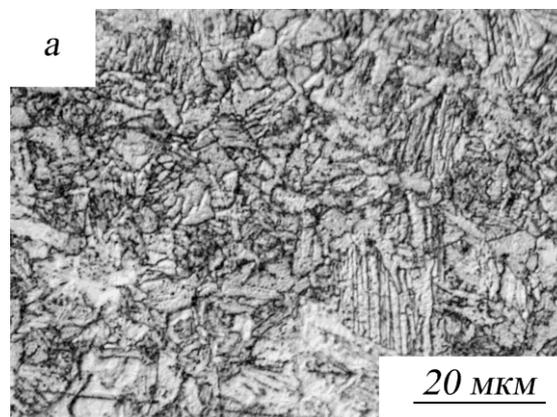


Рисунок 1. Оптическое изображение протравленной поверхности образца из стали 06МБФ в исходном состоянии до КГД

Исследование механических свойств стали 06МБФ показало, что интенсивная пластическая деформация приводит к повышению средних значений микротвердости в 3 раза в сравнении с исходным состоянием (Таблица 1).

Таблица 1 Средние значения микротвердости (Нц, ГПа) исследуемой стали 06МБФ до и после КГД

исходное состояние	КГД, $T_{\text{КГД}}=20^\circ\text{C}$	КГД, $T_{\text{КГД}}=450^\circ\text{C}$
2,0	6,0	5,7

На рисунке 2 представлены распределения значений микротвердости вдоль диаметра дисков из стали 06МБФ после КГД. Микротвердость в центральной части образца существенно ниже, чем на периферии для обоих режимов кручения. Характер распределения микротвердости по образцу для стали 06МБФ, деформированной при разных температурах, носит аналогичный характер, т.е. не зависит от температуры кручения.

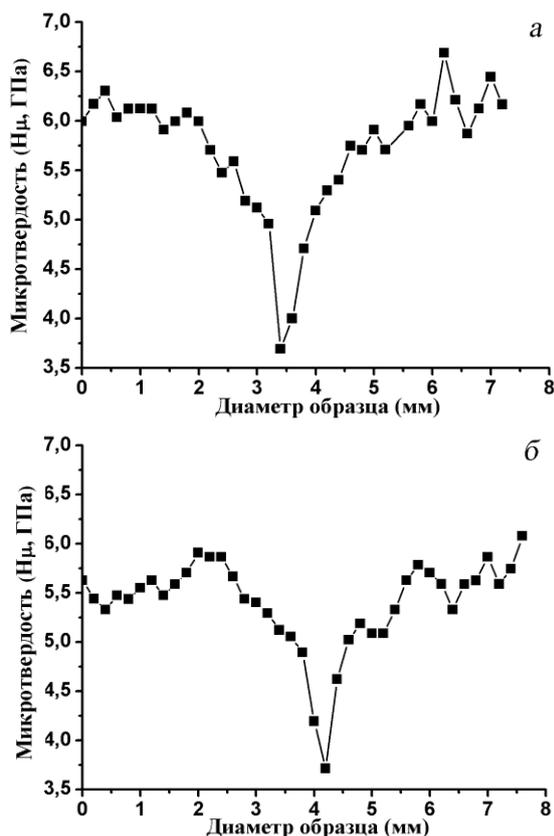


Рисунок 2. Распределение микротвердости по диаметру образца для стали 06МБФ после КГД: а) $T_{\text{КГД}} = 20^\circ\text{C}$; б) $T_{\text{КГД}} = 450^\circ\text{C}$

С удалением от центра микротвердость резко повышается, что свидетельствует о формировании неоднородной структуры стали 06МБФ при КГД. Такая неоднородность достаточно часто наблюдается в материалах, деформированных методом кручения по давлением в наковальнях

Бриджмена, и обусловлена зависимостью степени деформации ϵ при КГД от расстояния от центра диска r : $\epsilon \sim \ln r$ [1,4].

Методом рентгеноструктурного анализа установлено, что КГД вызывает уменьшение интенсивности и увеличение ширины рентгеновских линий. Значения микродеформации кристаллической решетки составляют $\Delta d/d = 2,0 \times 10^{-4}$ в исходном состоянии и достигают значений $3,4 \times 10^{-3}$ ($T_{\text{КГД}} = 20^\circ\text{C}$), $3,8 \times 10^{-3}$ ($T_{\text{КГД}} = 450^\circ\text{C}$) после КГД. Область когерентного рассеяния составляет более 200 нм в исходном состоянии и 40-50 нм после кручения. Следовательно, КГД приводит к измельчению исходной структуры и повышению внутренних напряжений в стали.

Выводы

Таким образом, интенсивная пластическая деформация методом кручения под давлением в наковальнях Бриджмена приводит к значительному повышению средних значений микротвердости стали 06МБФ от 2 до 6 ГПа. Установлено формирование неоднородной структуры в стали 06МБФ в зависимости от расстояний от центра дисков стали 06 МБВ после КГД. Температура кручения в исследуемом интервале ($T_{\text{КГД}} = 20^\circ\text{C}$, $T_{\text{КГД}} = 450^\circ\text{C}$) слабо влияет на прочностные характеристики стали и характер распределения значений микротвердости по диаметру дисков.

Список литературы

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы. М.: ИКЦ Академкнига, 2007. – 398 с.
2. Носкова Н.И., Мулюков Р.Р. Субмикроструктурные и нанокристаллические металлы и сплавы. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 279с.
3. Астафурова Е.Г., Захарова Г.Г., Найденкин Е.В., Рааб Г.И., Одесский П.Д., Добаткин С.В. Особенности микроструктуры и механическое поведение стали 06МБФ после равноканального углового прессования/ Письма о материалах, 2011, Т.1, С.198-202.
4. A.P. Zhilyaev, T.G. Langdon. Using high-pressure torsion for metal processing: Fundamentals and applications/ Progress in Materials Science, 2008, V. 53, P. 893–979.

Авторы выражают благодарность профессору Добаткину С.В. за помощь в организации исследований и аспиранту Тукуевой М.С. за проведение рентгеноструктурного анализа образцов. Исследование проведено на оборудовании Томского материаловедческого центра коллективного пользования.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ 12-03-31706-мол_а.

ОРИЕНТАЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТА ПАМЯТИ ФОРМЫ И СВЕРХЭЛАСТИЧНОСТИ В МОНОКРИСТАЛЛАХ СПЛАВА FeNiCOALTA

Кретьнина И.В., Поклонов В.В.

Научные руководители: Киреева И.В., д.ф-м. н., профессор, Чумляков Ю.И., д.ф-м. н., профессор
Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634050, г. Томск, пр.Ленина,36
E-mail: irbas@sibmail.com

Известно, что выделение дисперсных частиц γ' -фазы атомноупорядоченной по типу $L1_2$ и когерентно связанной с высокотемпературной фазой в сплавах на основе железа приводит к смене кинетики мартенситного превращения (МП) от нетермоупругого в однофазном состоянии к термоупругому с частицами и к проявлению эффекта памяти формы (ЭПФ) и сверхэластичности (СЭ) [1-3]. Для практического применения сплавов на основе железа с термоупругим МП из высокотемпературной ГЦК γ -фазы (ГЦК- гранецентрированная кубическая решетка) в α' -мартенсит, имеющего ОЦТ (объемноцентрированная тетрагональная решетка) решетку необходимо, чтобы данные сплавы обладали СЭ в широком температурном интервале и при высоких температурах при $T \geq 373\text{K}$. Для проявления высокотемпературной СЭ необходимо достижение высоких значений напряжений высокотемпературной фазы и малых значений $\alpha = d\sigma_{0,1}/dT$. Согласно соотношению Клапейрона-Клаузиуса (1) это достигается за счет выбора ориентаций с большими значениями деформации решетки ε_0 при $\gamma-\alpha'$ МП, так как величина α находится в обратной зависимости от ε_0 :

$$\frac{d\sigma_{0,1}}{dT} = - \frac{\Delta H}{\varepsilon_0 T_0}, \quad (1)$$

здесь T_0 – температура химического равновесия фаз, ΔH – энтальпия превращения.

Поэтому целью настоящей работы являлось исследование напряжений $\sigma_{0,1}$, ЭПФ и СЭ, температурного интервала проявления СЭ $\Delta T_{СЭ}$ и величины механического гистерезиса $\Delta\sigma$ в зависимости от ориентации кристалла и температуры испытания в монокристаллах сплава $\text{Fe}_{41}\text{Ni}_{28}\text{Co}_{17}\text{Al}_{11.5}\text{Ta}_{2.5}$ (ат.%) при деформации растяжением.

Для достижения поставленных задач были выбраны монокристаллы двух ориентаций: [001] и [123]. Теоретические значения деформации решетки ε_0 , которых имеют следующие значения: $\varepsilon_0^{[001]}=8,7\%$, а $\varepsilon_0^{[123]}=5\%$. Исследования проводились после старения 973К в течение 7 часов. После данной термообработки кристаллы испытывают термоупругое $\gamma-\alpha'$ МП. Термоупругий характер $\gamma-\alpha'$ МП подтверждается, во-первых, обратимым изменением от температуры электросопротивления $\rho(T)$. $\gamma-\alpha'$ МП характеризуется узким температурным гистерезисом $\Delta = A_T - M_S = 55\text{K}$ ($A_T = 191\text{K}$ – температура конца обратного МП при нагреве, $M_S = 136\text{K}$ – температура начала прямого МП при

охлаждении), который в 7.5 раз меньше, чем при нетермоупругих превращениях, где гистерезис равен 400К. Во-вторых, in-situ металлографическим исследованием поверхности кристаллов, когда охлаждение сопровождается ростом α' -мартенсита, который полностью исчезает при нагреве. Электронно-микроскопически установлено, что термоупругий характер $\gamma-\alpha'$ МП связан с выделением при старении при $T=973\text{K}$, 7 часов дисперсных частиц γ' -фазы размером 5 нм.

На рис. 1 представлены результаты исследований температурной зависимости напряжений $\sigma_{0,1}$, $\Delta T_{СЭ}$ и $\Delta\sigma$ для кристаллов [001] и [123] в интервале температур $T = 200-473\text{K}$. Видно, что зависимость $\sigma_{0,1}(T)$ имеет вид характерный для сплавов, испытывающих МП под нагрузкой и имеет две стадии. На первой стадии при $200\text{K} < T < M_d$ (M_d – температура при которой напряжения высокотемпературной фазы оказываются равными напряжению необходимому для образования мартенсита под нагрузкой) $\sigma_{0,1}$ возрастают с увеличением температуры испытания, и она оказывается близкой к линейной зависимости и описывается соотношением (1). При экстраполяции кривых $\sigma_{0,1}(T)$ на ось «температуры» имеет место их сходимость при $T=133\text{K}$ (пунктир на рис.1) и эта температура оказывается близкой к $M_S=136\text{K}$, полученной по зависимости $\rho(T)$. При $T > M_d$ наблюдается вторая стадия, связанная с деформацией высокотемпературной фазы, здесь напряжения $\sigma_{0,1}$ падают с ростом температуры.

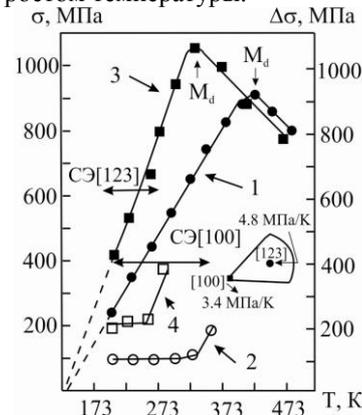


Рис. 1. Температурная и ориентационная зависимость напряжений $\sigma_{0,1}$ и механического гистерезиса $\Delta\sigma$ в монокристаллах сплава $\text{Fe}_{41}\text{Ni}_{28}\text{Co}_{17}\text{Al}_{11.5}\text{Ta}_{2.5}$: 1,3- $\sigma_{0,1}$; 2,4- $\Delta\sigma$; 1,2- кристаллы [001]; 3,4- кристаллы [123]

Анализ данных, представленных на рис.1 показал, что зависимость $\sigma_{0,1}(T)$, температура и

напряжэння в M_d , велічына $\Delta\sigma$ і $\Delta T_{C\gamma}$ залежыць ад арыентацыі крыстала. Велічына механічнага гістэрезіса $\Delta\sigma$ для крысталаў $[100]$ пры $200\text{ K} < T < 323\text{ K}$ не залежыць ад T – $\Delta\sigma=110\text{ МПа}$, а пры $T > 323\text{ K}$ ўзрастае да $\Delta\sigma=200\text{ МПа}$. В крысталах $[123]$ $\Delta\sigma$ ўзнікае з ростам тэмпературы ад 200 МПа пры $T = 200\text{ K}$ да 390 МПа пры $T = 270\text{ K}$ (рис. 1).

В $[123]$ крысталах $\sigma^{Md}=1050\text{ МПа}$ большае, чым в $[001]$ $\sigma^{Md}=900\text{ МПа}$, а $T^{Md}_{[123]}=323\text{ K}$, напроціў, меншае $T^{Md}_{[001]}=420\text{ K}$. В рэзультате інтэрвал афармавання мартэнсіта пад нагрукой ΔT^{SIM} : $\Delta T^{SIM}_{[123]}=123\text{ K}$ аказваецца меншае, чым $\Delta T^{SIM}_{[001]}=220\text{ K}$. Велічына $\alpha=d\sigma_{0,1}/dT$ в $[001]$ раўна 3.4 МПа/К , а в $[123]$ – $\alpha=4.8\text{ МПа/К}$. Так як α залежыць ад арыентацыі крыстала, то в саответствіі с саотношэннем (1) должа імаць месце залежымасць ад арыентацыі велічыны ϵ_0 .

Действітельно, велічына ϵ_0 , адрэделенная па велічыне ЭПФ $\epsilon_{ЭПФ}$ в эксперыменте пры ахаладжэнні/награве пад нагрукой, залежыць ад арыентацыі крыстала: в $[001]$ крысталах $\epsilon_{ЭПФ}=4.2\%$, а в $[123]$ – $\epsilon_{ЭПФ}=2.2\%$ (рис.2). Такое саотношэнне велічынаў ЭПФ нахадзіцца в поўным саответствіі с (1), т. е. меншае значэнне α в $[001]$ крысталах саответствуе большае значэнне $\epsilon_{ЭПФ}$, а в $[123]$ крысталах, нааборат. Пры этым атношэнне $\alpha^{[123]}/\alpha^{[001]}=1.41$ аказваецца блізікім к $\epsilon_{ЭПФ}^{[001]}/\epsilon_{ЭПФ}^{[123]}=1.9$. С ўзвельчэннем прылаженнай нагрукі M_s ўзрастае, што нахадзіцца такжа в саответствіі с (1) і велічыны $\alpha_{[001]}=3\text{ МПа/К}$ і $\alpha_{[123]}=4.1\text{ МПа/К}$ сапаставімы с α , полученнымі па тэмпературнай залежымасці $\sigma_{0,1}(T)$ (рис. 1, 2).

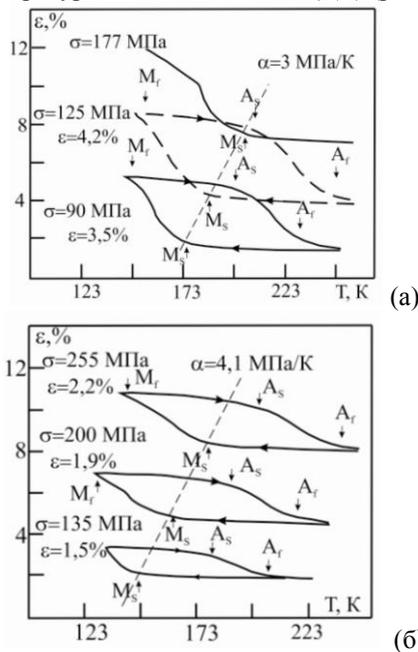


Рис. 2. Деформация превращения под растягивающей нагрузкой монокристаллов сплава $Fe_{41}Ni_{28}Co_{17}Al_{11.5}Ta_{2.5}$: а) кристаллы $[001]$; б) кристаллы $[123]$.

Из рис. 2 видно, что γ - α' МП под нагрузкой в $[001]$ кристаллах реализуется при меньших

напряжениях, чем в $[123]$, и при $\sigma=125\text{ МПа}$ ЭПФ достигает максимальных значений. Максимальная величина ЭПФ в $[123]$ ориентации достигается при $\sigma=255\text{ МПа}$. Следует отметить, что в обеих ориентациях величина $\epsilon_{ЭПФ}$ не достигает теоретической величины ϵ_0 из-за наличия в матрице крупных частиц ТаС размером 1-2 мкм.

После данной термической обработки монокристаллы проявляют СЭ (рис.3) Величина СЭ, $\Delta T_{C\gamma}$ и $\Delta\sigma$ зависят от ориентации кристалла. Максимальная величина СЭ $\epsilon_{C\gamma}=4.5\%$ обнаружена в $[001]$ кристаллах в широком температурном интервале $\Delta T_{C\gamma}=170\text{ K}$ и максимальная температура проявления СЭ $T_1=373\text{ K}$. В $[123]$ кристаллах $\epsilon_{C\gamma}=2.3\%$, $\Delta T_{C\gamma}=76\text{ K}$ и $T_1=276\text{ K}$. Следовательно, в $[001]$ кристаллах имеет место высокотемпературная СЭ, которая достигается за счет упрочнения высокотемпературной фазы при выделении частиц γ' -фазы и малых значений α . Величина СЭ оказывается равной по величине ЭПФ для данной ориентации и также при данной термической обработке не достигает теоретически рассчитанных значений ϵ_0 .

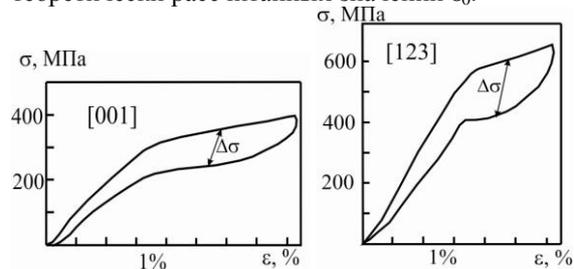


Рис. 3. “ σ - ϵ ” кривые при деформации растяжением при $T=215\text{ K}$ монокристаллов сплава $Fe_{41}Ni_{28}Co_{17}Al_{11.5}Ta_{2.5}$.

Итак, экспериментально установлено, что выделение частиц γ' -фазы размером 5 нм в монокристаллах сплава $Fe_{41}Ni_{28}Co_{17}Al_{11.5}Ta_{2.5}$ приводит к развитию термоупругого γ - α' МП с ЭПФ и СЭ, которые зависят от ориентации кристалла. Сочетание высокого уровня напряжений высокотемпературной фазы и малых значений α при выделении частиц γ' -фазы в $[001]$ кристаллах приводит к проявлению высокотемпературной СЭ при $T=373\text{ K}$ и в широком температурном интервале.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ: N-12-03-00098; 12-08-91331 ННИО.

Список литературы:

- [1] Кокорин В.В. Мартенситные превращения в неоднородных твердых растворах. Киев: Наук, думка, 1987. 168 с.
- [2] Чумляков Ю.И., Киреева И.В., Панченко Е.Ю. и др. // Изв. ВУЗов. Физика. 2011. № 8. С. 96-108.
- [3] Tanaka Y, Himuro Y, Kainuma R., Sutou Y., Omori T., Ishida K. // Science.2010. V. 327. N 3. P. 1488-1490.

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ X18H10T ПРИ КОМБИНИРОВАНИИ ПРОКАТКИ С ОБРАТИМЫМ ЛЕГИРОВАНИЕМ ВОДОРОДОМ

Кретов Ю.Л.¹, Мельников Е.В.²

Научный руководитель: Астафурова Е.Г.² с.н.с. ИФПМ СО РАН, к.ф.-м.н., доцент

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

²Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук,
634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4

E-mail: kretov2005@yandex.ru

Введение

В связи с возрастающей необходимостью перехода к нетрадиционным видам энергии, в данном случае речь идет о водородной энергетике, все более актуальным становится вопрос о взаимодействии водорода с металлическими материалами. Комбинирование деформационной обработки с обратимым легированием водородом делает возможным целенаправленное управление механизмами деформации (скольжение, двойникование, мартенситное превращение), структурным (тип границ зерен, их состояние, размер зерна) и фазовым (аустенит, феррит, мартенсит) состоянием сталей. В связи с этим представляется важным рассмотреть влияние наводороживания на механизмы структурно-фазовых превращений при пластической деформации промышленно используемых аустенитных сталей.

Данная работа посвящена изучению структурно-фазовых превращений при многоходовой прокатке на плоских валках предварительно наводороженных образцов метастабильной аустенитной стали X18H10T.

Материалы и методы исследования

Термическую обработку стали X18H10T проводили в среде инертного газа (гелий) при температуре 1100 °С в течение 1 ч с последующей закалкой в воду. Образцы для испытаний были изготовлены методом электроискровой резки в форме прямоугольных пластин с размерами 15×11×1,5 мм. Поврежденный при резке поверхностный слой удаляли химическим травлением (раствор: 2 части HNO₃ + 3 части HCl), механической шлифовкой и электролитической полировкой (раствор: 25 гр CrO₃ + 210 мл H₃PO₄).

Электролитическое насыщение образцов водородом осуществляли в однонормальном растворе серной кислоты H₂SO₄ с добавлением тиомочевины CH₄N₂S при плотностях тока 10, 50, 100 mA/cm² и времени наводороживания 5 часов.

Непосредственно после наводороживания проводили пластическое деформирование образцов методом прокатки на плоских валках до степени обжатия 50%. Механические свойства (микротвердость) изучали на микротвердомере Duramin 5 с нагрузкой на индентор 200 г.

Фазовый состав определяли с помощью дифрактометра Shimadzu XRD-6000 с использованием CuK_α излучения. Особенности зеренной структуры изучали методом анализа картин дифракции обратно рассеянных электронов (EBSD-анализ) с использованием сканирующих электронных микроскопов со сфокусированными ионным и электронным пучками Quanta 200 3D и Quanta 600 FEG при ускоряющем напряжении 30 кВ, с гексагональной постановкой точек и шагом 0,05-0,15 мкм.

Результаты исследования

Анализ рентгенограмм и EBSD-карт, полученных для исходного состояния образцов стали X18H10T, показал, что содержание аустенита (γ-фаза) с параметром решетки $a=3,5999\text{Å}$ в них составляет более 95%, а феррита (α-фаза) ($a=2,8808\text{Å}$) менее 5%. Структура является крупнозернистой (рис.1), средний размер зерна аустенита составляет 10,6 мкм; границы зерен в основном большеугловые (разориентация более 15°). Микротвердость стали X18H10T в исходном состоянии составляет 1,8 ГПа.

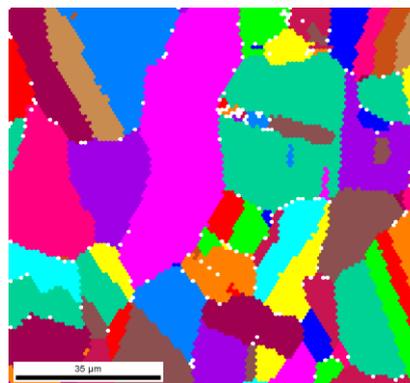


Рис. 1. EBSD-карта зеренной структуры стали X18H10T в исходном состоянии

Прокатка без наводороживания приводит к измельчению зерна (аустенит – 115 нм, $a=3,5870\text{Å}$, феррит – 155 нм, $a=2,8739\text{Å}$) (рис. 2 а) и увеличению объемной доли феррита до 25%. Границы зерен также в основном большеугловые. Микротвердость стали X18H10T после прокатки на 50% увеличилась в 2 раза и составляет 4,0 ГПа.

Анализ рентгенограмм стали X18H10T после наводороживания и прокатки показал, что с увеличением плотности тока увеличивается объем α -фазы (рис. 3). Размеры ОКР и микродеформации кристаллической решетки для аустенита не изменяются при введении водорода перед прокаткой. Параметр решетки как для γ -, так и для α -фазы изменяется незначительно. Максимальная доля α -фазы (43%) наблюдается после прокатки образцов, наводороженных при 50 mA/cm^2 . Анализ фазового состава образцов после прокатки с наводороживанием показал, что в структуре появляется ϵ -мартенсит, которого не было в исходном состоянии и в образце, который подвергли прокатке без наводороживания.

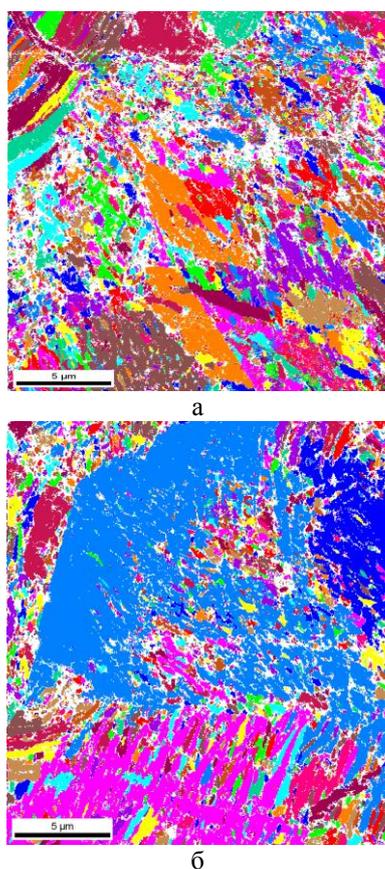


Рис. 2. Зеренная структура стали X18H10T: а) после прокатки ($\epsilon=50\%$); б) после наводороживания ($j=50 \text{ mA/cm}^2$) и прокатки ($\epsilon=50\%$)

Анализ зеренной структуры образцов показал, что после наводороживания при плотности тока 10 mA/cm^2 наблюдается максимальное измельчение (фрагментация) структуры (размер зерна феррита составляет – 185 nm , для аустенита – 108 nm , доля большеугловых границ зерен более 95%) (рис. 2 а). С увеличением плотности тока при наводороживании увеличивается доля малоугловых границ зерен и после наводороживания при $j=100 \text{ mA/cm}^2$ с последующей прокаткой ($\epsilon=50\%$) составляет

$\sim 15\%$. При плотности тока 50 и 100 mA/cm^2 происходит измельчение исходных аустенитных зерен за счет накопления деформационных дефектов и наведенного деформацией γ - α и γ - ϵ мартенситных превращений. Но при этом на картах зеренной структуры просматриваются исходные крупные зерна аустенита (рис. 2 б).

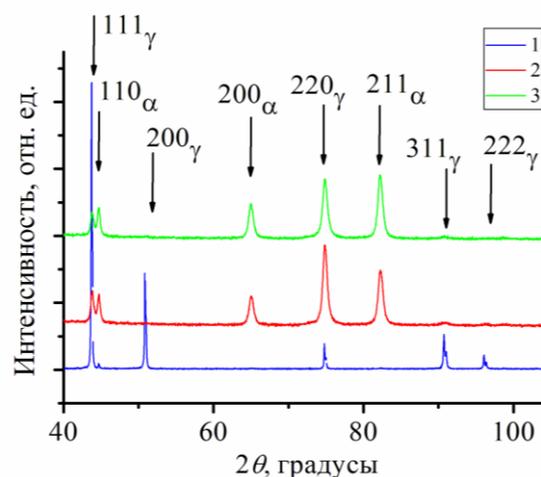


Рис. 3. Рентгенограммы для образцов стали X18H10T после различных режимов обработки: 1 – исходный; 2 – прокатка ($\epsilon=50\%$); 3 – наводороживание ($j=50 \text{ mA/cm}^2$, $t=5 \text{ ч}$) и прокатка ($\epsilon=50\%$)

Микротвердость образцов стали X18H10T возрастает при прокатке. Дополнительное введение водорода перед пластической деформацией приводит к небольшому росту микротвердости, но не изменяет ее принципиально ($4,0 \text{ ГПа}$ при прокатке, $4,1 \text{ ГПа}$ при прокатке с наводороживанием).

Выводы

Введение водорода перед прокаткой образцов стали X18H10T способствует наведенным деформацией мартенситным превращениям. С увеличением плотности тока при наводороживании увеличивается объем α -фазы по сравнению с состоянием после прокатки без наводороживания. Анализ фазового состава образцов после наводороживания и прокатки показал, что легирование водородом также способствует появлению в структуре стали ϵ -мартенсита.

Авторы работы благодарны к.ф.-м.н. Захаровой Г.Г. и аспиранту Тукаевой М.С. за помощь в проведении исследований. Работа выполнена с использованием оборудования Томского материаловедческого центра коллективного пользования и Белгородского государственного университета. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (11-08-98019-р_сибирь_а).

МОДЕЛИРОВАНИЕ РУЧЕЙКОВОГО ИЗНОСА

У.П. Кундянова, М.Г. Муксунова.

Научный руководитель: П.В. Бурков д.т.н., профессор

Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета

Кемеровская область, г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: ursula93.28@mail.ru.

Безопасная эксплуатация трубопроводов связана с проблемой повышения их надежности и долговечности с является сложной комплексной задачей, включающей в себя решение технических, технологических, экономических и организационных аспектов. Эксплуатационная надежность нефтепроводов в значительной степени определяется интенсивностью коррозии стенок трубопровода. Кроме коррозии наружной поверхности трубопроводы подвергаются интенсивной внутренней коррозии, скорость которой часто многократно превышает скорость коррозии их наружной поверхности и зависит от концентрации и состава минеральных солей, содержащихся в пластовой воде, добываемой и транспортируемой в смеси с нефтью до установок подготовки нефти.

Следует отметить, что большинство трубопроводов, подверженных интенсивному внутреннему износу, эксплуатируются без наружной изоляции. Частые порывы трубопроводов, вызванные «канавочным» износом, требуют поиска новых технических решений, направленных на обеспечение их безопасной эксплуатации, повышение долговечности и стабильности функционирования.

Опыт эксплуатации трубопроводов сбора нефти показывает, что «канавочное» (ручейковое) коррозионно-механическое разрушение и коррозионная усталость являются наиболее опасными видами разрушения. Ручейковая коррозия – коррозия канавочного типа, образуется вдоль продольных и кольцевых швов, а также в местах расхождения стыков изоляционного покрытия труб. Защита нефтепромысловых трубопроводов от «канавочной» (ручейковой) коррозии, вызванной взаимодействием металла трубы и перекачиваемой коррозионно-активной среды, является актуальной в настоящее время во многих регионах России, особенно на месторождениях Западной Сибири.

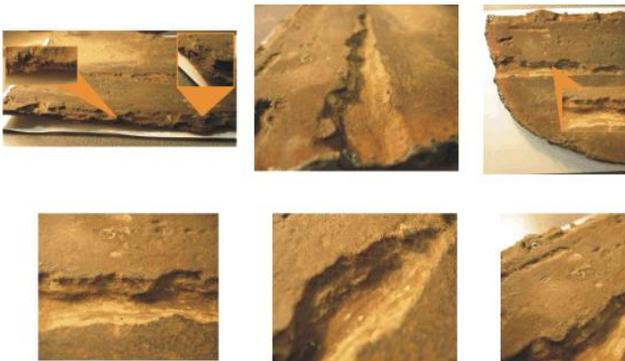


Рис. 1. Ручейковая коррозия

Расчет ручейковой коррозии в программе ANSYS

Исходные данные по трубопроводу

За основу для расчетов возьмем реальные данные по глубине и ширине коррозионного повреждения (ручейковой коррозии) из заключений по результатам технического диагностирования трубопровода, рассмотренного выше.

Исходные данные для построения и расчета модели трубы с коррозией:

- рабочее давление – 2,5 МПа;
- диаметр трубы – 168 мм;
- толщина стенки трубы – 11 мм;
- марка стали трубы – сталь 20;
- максимальная глубина ручейковой коррозии – 5,8 мм;
- максимальная ширина коррозионного повреждения трубы – 21 мм.

Так как процесс ручейковой коррозии в трубе это сложный физико-химический процесс и при наличии его в трубе возникает канавка сложной формы (рис. 1). Предугадать какой именно формы будет профиль коррозионного участка в трубе очень сложно, т.к. коррозионное воздействие среды на стенки трубы зависит от многих факторов, изменяющихся со временем. Чтобы упростить задачу, при построении модели трубы с повреждением будем использовать упрощенную схему с размерами коррозионного повреждения приближенным к реальным. Идеализированная схема сечения трубы с повреждением типа ручейковой коррозии приведена на рисунке 2.

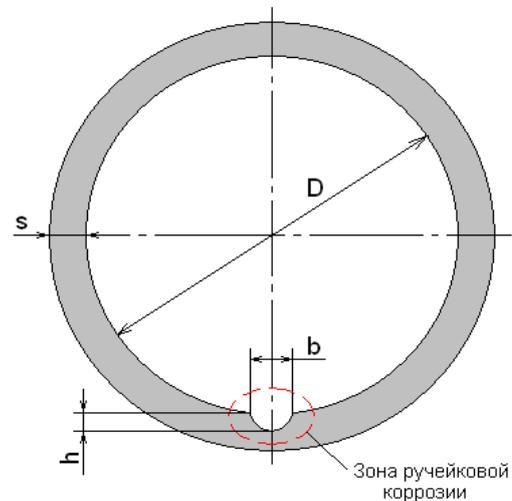


Рис. 2. Упрощенная схема трубы с ручейковой коррозией

D – внутренний диаметр трубы, s – толщина трубы, b – ширина коррозионного повреждения (ширина ручейковой коррозии), h – глубина коррозионного повреждения (глубина ручейковой коррозии)

Построение модели трубы нефтесборного коллектора

Так как задача симметрична относительно одной (в нашем случае вертикальной) оси, то при построении модели трубы с дефектом будем использовать только половину сечения трубы (рис. 3).

Пошаговое построение модели и расчет трубы приведены для нефтесборного коллектора «Врезка куста 22 – входная гребенка УПСВ-Центр Первомайского месторождения» с параметрами коррозионного повреждения – максимальной глубиной 5,8 мм, максимальной шириной 21 мм.

Задаем свойство материала – изотропный материал с постоянными свойствами: Модуль Юнга для стали 20 – $2,1 \cdot 10^{11}$, коэффициент Пуассона – 0,3 (данные взяты по справочнику для сталей).

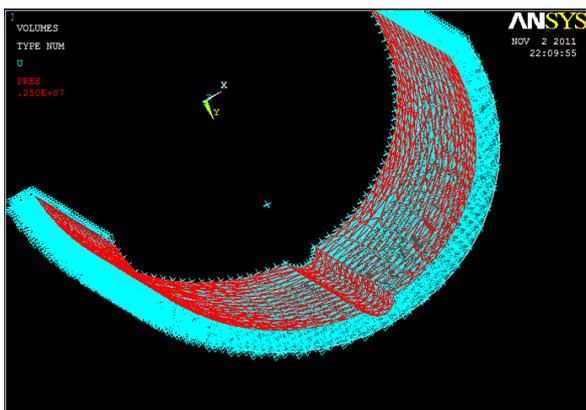


Рис. 3. Модель половины трубы

Из расчетов видно, что максимальная величина возникших напряжений в трубе с коррозией приходится на нижнюю часть прокорродированной канавки и составляет 182 МПа.

Для большей наглядности построим график, показывающий распределение напряжений в зависимости от поперечного сечения наиболее прокорродированной канавки – участок с покраснением.

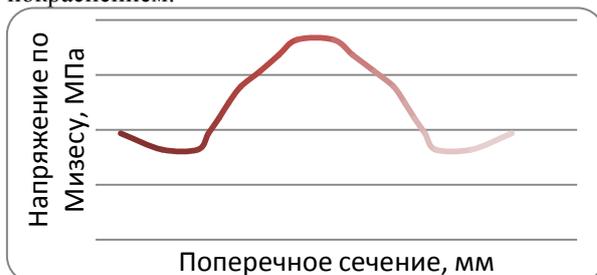


Рис.5. График распределения напряжений по Мизесу

Далее построим график, показывающий распределение перемещений в зависимости от поперечного сечения прокорродированной канавки (рис.4).



Рис. 4. График распределения перемещений

Заключение :

В комплексной программе ANSYS получили наглядные картины возникших распределений напряжения по Мизесу и картину распределений перемещения в образце при воздействии на нее давления.

С увеличением срока эксплуатации месторождений возрастает объем добываемой минерализованной воды, закачанной в пласт для поддержания пластового давления. При этом возрастает опасность внутренней коррозии трубопровода. Разрушение ряда трубопроводных систем происходит в срок менее одного года после ввода трубопровода в эксплуатацию

Этой проблеме посвящены многочисленные исследования отечественных и зарубежных ученых, однако, в настоящее время она полностью еще не решена и многие вопросы остаются открытыми.

Использованная литература

1. Теория коррозионных процессов: учебник / Н.И.Исаев. – М.: Металлургия, 1997. – 361 с.;
2. Коррозия и защита конструкционных материалов. Принципы защиты от коррозии: учебное пособие для вузов / В.В.Кравцов. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 1999. – 157 с.;
3. Коррозия конструкционных материалов: Справочник: В 2 кн. / Под ред. В.В.Батракова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Интермет Инжиниринг, 2000. – 344 с.;
4. Теория коррозии и коррозионно-стойкие конструкционные сплавы : учебное пособие / Н. Д. Томашов, Г.П.Чернова. – М.: Металлургия, 1993. – 413 с.;
5. Противокоррозийная защита трубопроводов и резервуаров : учебник для вузов / М.В.Кузнецов, В.Ф.Новоселов, П.И.Тугунов, В.Ф.Котов. – М.: Недра, 1992. – 237 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОЧИСТОГО ЖЕЛЕЗА ИЗ ПИРИТОВЫХ ОГАРКОВ

Курченко Е. И.

Научный руководитель: Крайденко Р.И., к.х.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

Email: evgenii@tpu.ru

Данная тема посвящена получению высокочистого железа из пиритовых огарков.

К настоящему времени в России накоплено более 250 млн. т. пиритных огарков - продукта обжига пиритных концентратов для производства серной кислоты и химических удобрений, с ежегодным образованием около 5 млн. т. [1]

Анализ показал, что макрокомпонентами пиритных огарков являются железо, кремний, кальций. Как видно из результатов анализа (таблица 1) содержание железа достигает 50 %, которое находится в отходах в виде минералов Fe_3O_4 и Fe_2O_3 .

Таблица 1

Усредненный количественный состав сырья

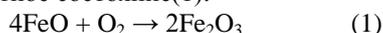
№	Элемент	Массовая доля, %
1	Si	7
2	Fe	50,4
3	Ca	4,4
4	Zn	0,4
5	Cu	0,2
6	Au	2 г/т

Одной из основных областей использования высокочистого железа является радиоэлектроника: в данной отрасли порошки железа используют для производства сердечников трансформаторов. [2] При рыночной стоимости высокочистого железа 1200 USD переработка отходов с содержанием железа в нем 50 % является выгодным и перспективным. [3]

К тому же, переработка техногенных источников полезных ископаемых зачастую требует меньших капиталовложений, чем нахождение и разработка новых месторождений. Используя ресурсы уже существующих предприятий, учитывая то, что техногенные месторождения находятся в районах с развитой инфраструктурой, существенно сокращаются временные сроки для освоения таких месторождений. Важным обстоятельством является то, что себестоимость товарной продукции из промышленных отходов меньше, чем из добываемых традиционными способами руд месторождений полезных ископаемых.

Также данная технология решает проблему утилизации пиритовых отвалов. [4]

В данной технологии предложена «сухая» схема получения железа (рис. 1). Предварительно сырье, содержащее железо, подвергается прокалике в барабанной печи при 700°C , данная операция проводится с целью перевода всего железа в трехвалентное состояние(1):



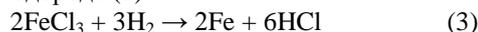
После прокалики пиритовые огарки хлорируют при 300°C с помощью порошка хлорида аммония

(2), при этом происходит выделение аммиака и испарение влаги:



Далее образовавшийся трихлорид железа подвергается возгонке в десублиматоре при 320°C , при этом в твердом виде остаются соединения кальция и кремния.

Затем трихлорид железа обрабатывается водородом с выделением порошкообразного металлического железа и газообразного хлороводорода (3):



Выделившийся аммиак на стадии хлорирования (2) и хлороводород образованный в результате водородного восстановления (3), улавливаются в десублиматоре с образованием хлорида аммония (4). Данная операция улавливания позволяет вернуть хлорид аммония в технологическую цепь получения высокочистого железа.

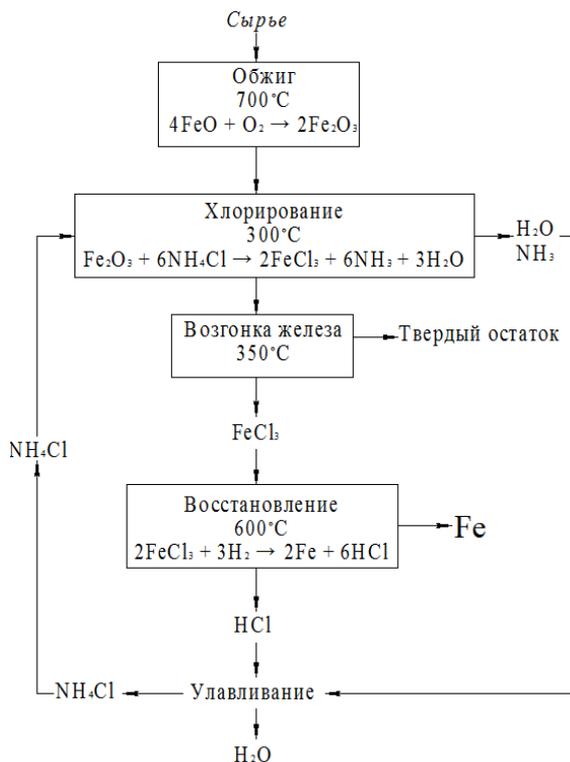


Рисунок 1. Технологическая схема получения высокочистого железа

В ходе исследований была установлена зависимость степени превращения от времени при различных температурах для процесса хлорирования оксида железа (III) хлоридом аммония (рис. 2). Из зависимости установлено,

что максимальная степень превращения в хлорид железа происходит при температуре 380°C за 120 минут, но данный процесс не может быть проведен при 380°C, так как хлорид железа (III) начинает возгоняться уже при 315°C и просто напросто будет реагировать с выделяющимся водой и аммиаком с образованием хлорид железа (II), который в дальнейшем будет тяжело возгонять, так как его температура кипения 1026°C. Поэтому данный процесс преимущественно проводить при 300°C при времени хлорирования 150 минут.

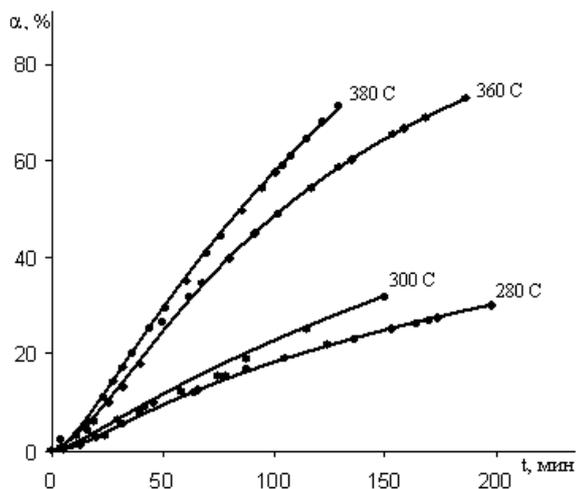


Рисунок 2. Зависимости степени превращения (α) от времени (t) для процесса хлорирования оксида железа

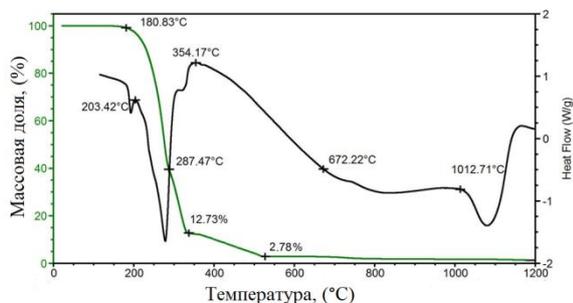


Рисунок 3. Дифференциальный термический анализ взаимодействия оксида железа (III) с хлоридом аммония

Также был проведен дифференциальный термический анализ (рис. 3), который показывает что реакция взаимодействия хлорида аммония и оксида железа (III) начинается при 180,83°C. Соответственно, как уже было сказано для интенсификации процесса хлорирования, нагревание проводится при 300°C.

При проведении экспериментов был проведен рентгенофлуоресцентный анализ, который показал, что полученное железо, водородным восстановлением трихлорида железа, обладает чистотой не менее 99,9 %, что соответствует требованиям, предъявляемым к химически чистому железу, а также проведенный анализ

твердого остатка, который остается после возгонки железа, показал, что извлечение железа составило 96 %

Таблица 2
Перечень оборудования в «сухой» схеме получения высокочистого железа

Процесс	Оборудование
Окислительный обжиг	Барабанная вращающаяся печь
хлорирование	Барабанная вращающаяся печь
Возгонка	Барабанная вращающаяся печь
Получение железа	Барабанная вращающаяся печь
Получение хлорида аммония	Десублиматор

В ходе разработки было установлено, что в «сухой» схеме получения карбонильного железа всего пять процессов, для которых требуется оборудования представленное в таблице 2. Способ предполагает использование стандартного оборудования, выпускаемого предприятиями РФ, Германии, Китая и др. стран.

Учитывая, что такие процессы как прокатка, водородное восстановление внедрены в производство, был подведен подсчет затрат на переработку 100 000 тонн отходов, при этом возьмем во внимание цеховые расходы и возгонку железа, на переработку будет потрачено 20 000 000 \$. При переработке 100 000 тонн пиритовых огарков получается 50 000 тонн высокочистого железа, при продаже которого можно будет выручить 60 000 000 \$. Экономическая выгода при переработке 100 000 тонн составит 40 000 000 \$.

Таким образом, в ходе исследований была разработана технологическая последовательность операций, позволяющих извлечь карбонильное железо из пиритовых огарков на 96 %, которая позволит организовать производство высокочистого железа.

Список литературы:

1. www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=120
2. www.reachem.ru/catalog/zh/zhelezo_karbonilnoe
3. <http://russian.alibaba.com/trade/search?SearchText=carbonyl+iron>
4. Н.И.Иванова, И.М.Фадина. Инженерная экология и экологический менеджмент. Учебник для ВУЗов - М.: Логос, 2005-520 с.
5. В. А. Волков, В. Г. Сыркин, И. С. Толмасский. Карбонильное железо - М.: Металлургия, 1969. - 256 с.
6. Шестак Я. Теория термического анализа: Физико-химические свойства твердых неорганических веществ. М.: Мир, 1987. - 456 с.

СОВРЕМЕННАЯ СИЛИКАТНАЯ КРАСКА ДЛЯ ФАСАДНЫХ РАБОТ

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

В настоящее время ассортимент фасадных красок, наряду с вододисперсионными красками, пополняется лакокрасочными материалами на основе виниловых и акриловых полимеров. Они отличаются более широкой и насыщенной цветовой гаммой, повышенными эксплуатационными характеристиками и возможностью применения практически в любых погодных условиях. Однако данный вид красок имеет недостатки такие как, низкую стойкость к растворителям, низкий сухой остаток (до 50 %), небольшую толщину однослойного покрытия (20-30 мкм). В тоже время современная фасадная краска должна иметь повышенную устойчивость к ультрафиолетовому облучению, к поглощению грязи и пыли, а также к прорастанию микроорганизмов.

Улучшенными характеристиками отличаются дисперсионные силикатные краски. Отличие таких красок от широко распространенных водно-дисперсионных красок является низкое (в 4 – 5 раз ниже) содержание органических полимеров, что значительно снижает затраты на производство краски и делает ее конкурентоспособной [1].

Учитывая климатические условия России, где в зимний период температура опускается до –30 и ниже, важной характеристикой лакокрасочных покрытий, применяемых для отделки фасадных зданий, является паропроницаемость. Данное свойство характеризует способность покрытия пропускать через себя пары воды, но максимально изолировать окрашиваемые поверхности от действия атмосферных осадков. Для дисперсионных силикатных красок паропроницаемость значительно выше по сравнению с распространенными строительными красками на органических связующих.

Покрытия на основе силикатных красок атмосферо- и термостойки, устойчивы к действию УФ-лучей, обладают высокой воздухо- и паропроницаемостью, отличаются незначительным прилипанием пыли и грязи, огнезащитными свойствами, экологичностью. Применяются при выполнении малярных работ внутри и снаружи помещений, в строительстве и реставрации [2].

Срок службы таких покрытий достигает 15 лет. К тому же, в этих красках практически не размножаются микроорганизмы, что помогает предотвратить появление плесени и грибка. Благодаря высокой паропроницаемости, силикатными красками очень часто окрашивают здания старой постройки, стены которых плохо защищены от поднятия грунтовых вод. Силикатные краски являются также весьма

разумным выбором для окраски стен, которые подвергаются усиленному воздействию влаги. Данный вид красок используется и для нанесения разметки на проезжую часть.

Из недостатков краски можно назвать низкую эластичность, то есть неспособность перекрывать мелкие трещины. Кроме того, силикатные красочные составы через сутки становятся непригодны для применения, так как дают плотный нерастворяющийся осадок, образующийся при химическом взаимодействии жидкого стекла с пигментной частью. Поэтому по окончании работ остатки составов следует выливать. В связи с этим краски на основе жидкого стекла изготавливают двух-упаковочными, что снижает эффективность такой краски и делает неудобным в применении.

Целью данного исследования является разработка составов одноупаковочной силикатной краски с улучшенными физико-химическими свойствами.

Рассмотрим эти свойства подробнее [3]:

- 1) Вязкость материала - сопротивление изменению формы под воздействием внешних сил. В данной работе вязкость измеряли с помощью вискозиметра ВЗ4, который представляет собой воронку с соплом определённого объёма и диаметра.
- 2) Укрывистость краски – способность материала делать невидимым цвет или цветовые различия окрашиваемой поверхности (ГОСТ 8784-75). Укрывистость показывает сколько сухой плёнки испытуемого материала необходимо, чтобы укрыть один квадратный метр не впитывающей, контрастной поверхности.
- 3) Время высыхания краски.
- 4) Меление – процесс разрушения покрытия из-за потери связи пигментов и наполнителей со связующим краски.
- 5) Влагостойкость.
- 6) Паропроницаемость.

В данной работе приведены результаты анализа свойств полученных силикатных красок по таким показателям, как степень меления, вязкость, укрывистость, время высыхания.

Известно, что в состав силикатной краски входят следующие компоненты:

- 1) Жидкое стекло – силикат натрия, выполняющий функцию пленкообразователя посредством поликонденсационных процессов в присутствии углекислого газа в воздухе, что приводит к образованию трехмерных полимеров. Также жидкое стекло повышает механическую

прочность, адгезию к бетону, кирпичу, штукатурке. Вид стекла определяет кроющую способность краски, или укрывистость. Чем выше укрывистость, тем ниже расход краски на единицу площади поверхности.

2) Щелоче- и светостойкие пигменты и наполнители, чаще всего оксиды цинка, железа, алюминия и титана, гидроксиды и карбонаты этих металлов, металлические порошки (цинковая пыль, алюминиевая пудра и др.). По способности взаимодействия с силикатом калия и натрия различают неактивные и активные пигменты и наполнители.

Силикатные краски производят на основе жидкого стекла, с добавлением в состав смол на основе кремния, что улучшает свойства покрытия. Краски, в которые включены в виде мельчайшего порошка такие металлы, как цинк или алюминий, обладают антикоррозийными свойствами. Для придания силикатной краске необходимой для нанесения консистенции, в состав добавляют наполнитель, в качестве которого может выступать мел, тальк, слюда и пр.

Патентная проработка показала, что в области композиционных силикатных красок, которые применяются в строительстве и быту для защиты и декоративной отделки фасадов, предлагаются одноупаковочные составы. Однако некоторые из них имеют ограниченную кроющую способность [4].

В данной работе опробованы варианты пяти составов, полученных на основе промышленного жидкого стекла с модулем 3,2 и плотностью 1,3 г/см³. Компонентный состав исследуемых красок приведен в таблице 1. По данным которой видно, что составы являются многокомпонентными, содержащими от 3 до 6 составляющих. Состав № 5 приготовлен с добавлением акриловой дисперсии, чем принципиально отличается от других красок.

Таблица 1 – Химический состав силикатных красок

Обозначение краски	Содержание оксидов, мас. %					
	NaSiO ₃	ZnO	CaCO ₃	тальк	А.Д*	H ₂ NC ONH ₂
СК-1	44	-	14	30	-	-
СК-2	56	-	14	30	-	-
СК-3	50	15	20	15	-	-
СК-4	33	-	33	24	-	10
СК-5	26	10	31	10	9,5	3,5

А.Д* - акриловая дисперсия

Сравнительный анализ представленных в таблице 2 основных свойств красок выбранных составов показал, что все композиции, за исключением составов 3 и 5 расслаиваются в течение 1 суток, что указывает на невозможность их применения в качестве одноупаковочных (табл. 2). Состав с добавлением акриловой дисперсии

отличается улучшенными характеристиками по сравнению с силикатными красками, имеет повышенную укрывистость и низкую степень меления.

Таблица 2 – Физико-химические свойства силикатных красок

Обозначение краски	Значение свойства			
	Р*	Вязкость, с	Укрывистость, г/м ²	Степень меления
СК-1	+	10	403,2	2
СК-2	+	15	473,0	2
СК-3	-	20	430,2	3
СК-4	+	28	495,1	2
СК-5	-	35	766,2	2

Р* - расслоение

Установлено, что из опробованных пяти составов красок на основе жидкого стекла в качестве одноупаковочной можно применять дисперсионно силикатную краску состава № 5. Данная краска имеет самую высокую степень укрывистости и отсутствие расслоения.

Список использованной литературы:

1. Электронный источник: <http://www.corrosio.ru/>.
2. Электронный источник: <http://www.tkastrey.ru/>;
3. П.Н. Григорьев, М.А. Матвеев. Растворимое стекло. М.: Промстройиздат, 1956. — 443 с.
4. А.Я. Дринберг. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л. Госхимиздат, 1955. — 652 с.: ил. — Библиогр.: с. 623-635.

ВНЕВАКУУМНАЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ НАПЛАВКА ПОРОШКОВОЙ СМЕСИ (Ti+C) НА ТИТАНОВЫЙ СПЛАВ VT1-0

Ленивцева О. Г., Поляков И. А., Чучкова Л. В.

Научный руководитель: Батаев А.А., д.т.н., профессор
Новосибирский государственный технический университет
630073, Россия, г. Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20

Emai: lenivtseva_olga@mail.ru

Титан и титановые сплавы отличаются высокой удельной прочностью, сопоставимой с качественными сталями, небольшой удельной массой и отличной коррозионной стойкостью. Однако высокий коэффициент трения и низкая износостойкость в условиях трения скольжения существенно ограничивают область применения титановых сплавов.

Одним из перспективных методов повышения триботехнических свойств титана является нанесение упрочняющих покрытий, содержащих высокопрочные частицы карбида титана, распределенные в металлической матрице. Карбид титана относится к тугоплавким материалам, обладает высокой твердостью (2500...3000 HV) и износостойкостью, низким коэффициентом трения. Это обуславливает возможность его использования для упрочнения металлических материалов и получения износостойких покрытий.

Существуют различные методы получения покрытий с равномерно распределенными частицами карбида титана. Лучшие результаты получаются при использовании высокоэнергетических источников нагрева, таких как луч лазера [1,2] и электронный луч [3,4]. Следует отметить, что основным недостатком технологии обработки электронным лучом является необходимость применения вакуумных камер, что накладывает габаритные ограничения на обрабатываемую деталь.

В данной работе представлены исследования поверхностных слоев титана, полученных при наплавке углеродсодержащих смесей электронным лучом в воздушной атмосфере. Эта технология нанесения покрытий обладает теми же достоинствами, что и электронный луч в вакууме. В процессе облучения материала кинетическая энергия сфокусированного электронного луча при его взаимодействии с поверхностью преобразуется в тепловую, вследствие чего зона обработки с высокой скоростью нагревается до температуры, достаточной для расплавления материала. В процессе обработки реализуются процессы плавления и перемешивания легирующих компонентов и поверхностного слоя титана и их последующей кристаллизации. Использование электронного луча, выведенного в атмосферу, позволяет реализовывать различные режимы обработки и получать покрытия требуемого качества и большой толщины (до 2 мм), сохраняя при этом свойства основного металла. Основной целью данной работы было изучение влияния технологических режимов вневакуумной электронно-лучевой наплавки угле-

родсодержащих порошковых смесей на структуру и свойства поверхностного слоя титана VT1-0.

Образцы размером 100x50 мм вырезались из листа технически чистого титана VT1-0 толщиной 10 мм. Для получения качественной рабочей поверхности полученные заготовки подвергались шлифованию. В качестве наплавочной смеси использовалась смесь порошков: титан чистой более 99,9% производства компании Alfa Aesar, а также графит марки ГЛ1 (ГОСТ 5279-74). Для обеспечения однородного плавления порошковой смеси и ее защиты от воздействия окружающей среды использовался флюс CaF_2 (плотность 3,18 г/см³, температура плавления 1423 °С).

Обработка электронным лучом проводилась на ускорителе электронов ЭЛВ-6 в Институте ядерной физики СО РАН. Конструкция оборудования позволяет обрабатывать крупногабаритные изделия с производительностью до 100 см²/с. Для обеспечения равномерного распределения частиц в насыпке порошки титана, графита и флюса подвергались перемешиванию в планетарной мельнице Fritsch Pulverisette 6. Наплавочная смесь наносилась на основу из титанового сплава VT1-0 с плотностью насыпки 0,2 г/см².

Выбор технологических параметров наплавки осуществлялся на основе экспериментов, проведенных специалистами ИЯФ СО РАН [3,5]. Для всех режимов обработки энергия электронов составляла 1,4 МэВ, скорость перемещения образцов относительно электронного луча – 1 см/с, частота сканирования – 50 Гц, расстояние от выпускного окна до заготовки – 90 мм, ток пучка составлял 20...21 мА.

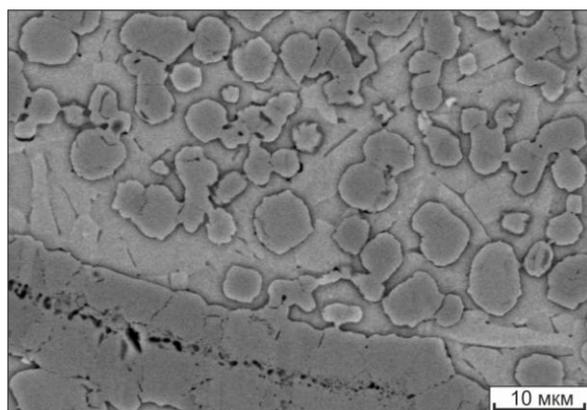
Для детального изучения микроструктуры были выбраны образцы без видимых поверхностных дефектов (непроплавов, наплывов, углублений). Каждый из образцов исследовался на оптическом микроскопе Carl Zeiss Axio Observer A1m. Исследования структуры при увеличениях свыше 1000 крат выполнялись на растровом электронном микроскопе Carl Zeiss EVO 50 XVP. Микротвердость образцов оценивалась на твердомере Wolpert Group 402 MVD под нагрузкой 0,98 Н. Для вычисления средней твердости наплавленного покрытия измерения осуществлялись по 5 линиям на поперечном сечении образца. Микротвердость отдельных фаз оценивалась при нагрузке 0,245 Н.

При исследовании микроструктуры каждого из образцов, полученных при обработке электронным лучом в атмосфере воздуха, было выявлено наличие четырех зон с различной микрострукту-

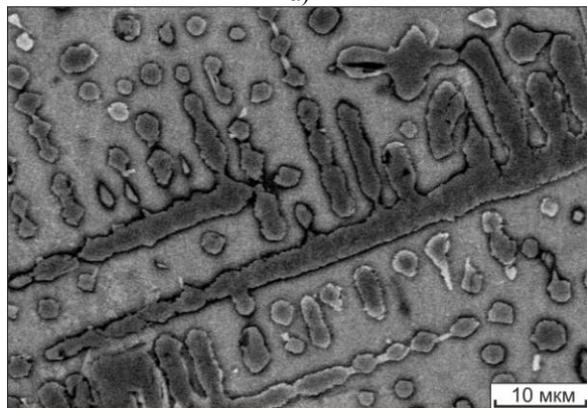
рой: зона переплавленного материала, переходная зона, зона термического влияния, с характерным игольчатым строением и исходная структура металла.

Анализ структуры полученных покрытий с использованием метода оптической микроскопии свидетельствует об отсутствии таких дефектов как крупные поры и трещины. В то же время в покрытии обнаружены частицы графита, сохранившиеся в процессе кристаллизации титана. Наличие частиц графита в покрытии связано с кратковременностью термического воздействия. Тем не менее, структура расплавленной зоны, содержащая твердые частицы карбида титана, пластичную матрицу из титана и графитовые включения, позволяет улучшить трибологические свойства полученного материала, так как графит выступает в качестве смазочного материала.

Вблизи поверхности образцов карбидная фаза представлена в виде крупных конгломератов округлой формы (рис. 1-а). С удалением от поверхности включения приобретают дендритную морфологию (рис. 1-б). В непосредственной близости от основного металла частицы карбидов изменяют форму и распределяются по границам зерен матричной фазы.



а)



б)

Рис. 1. Микрофотографии наплавленного слоя:
а) карбидные частицы округлой формы,
б) дендритные построения из карбида титана.

Микротвердость матричной фазы составляет около 3,5 ГПа, что превышает уровень основного материала в 1,5 раза. Микротвердость дендритных построений лежит в диапазоне 6,7-8,6 ГПа. Микротвердость кристаллов, образовавшихся вблизи не расплавившихся частиц графита, составляет 22 ГПа.

Учитывая отмеченное, можно сделать вывод о том, что использование технологии вневакуумной электронно-лучевой наплавки порошковых смесей позволяет получать высокопрочные покрытия толщиной до 2 мм, характеризующиеся малым количеством дефектов. Карбидные частицы сферической морфологии обеспечивают более высокий уровень твердости.

Выражаем благодарность специалистам ИЯФ СО РАН, в частности к.ф.-м.н. М.Г. Голковскому, за оказанную помощь в постановке и проведении экспериментов.

Список литературы

1. Surface Treatment of titanium by laser irradiation to improve resistance to dry-sliding friction / B. Courant, J.J. Hantzpergue, S. Benayoun // *Wear*. 1999. № 236. P. 39–46.
2. Numerical modeling and experimental investigation of TiC formation on titanium surface pre-coated by graphite under pulsed laser irradiation/ A. Chehrghani, M.J. Torkamany, M.J. Hamed, J. Sabbaghzadeh// *Applied Surface Science*. 1 January 2012. Vol. 258, Issue 6. P. 2068-2076.
3. Электронно-лучевая наплавка покрытий на титановые сплавы / М. Г. Голковский, И. М. Полетика, Р. А. Салимов // *Физика и химия обработки материалов*. 2009. № 1. С. 56-64.
4. Improvement of high-temperature hardness of (TiC, TiB)/Ti-6Al-4V surface composites fabricated by high-energy electron-beam irradiation / E. Yun, K. Lee, S. Lee // *Surface and Coatings Technology*. 2004. Vol. 184. P. 74-83.
5. Вневакуумная электронно-лучевая наплавка порошковой системы титан-тантал-ниобий на титан VT1-0 / И. А. Батаев, А. П. Алхимов, О. А. Бутыленкова, Т. В. Журавина, О. Г. Ленивцева, А. А. Руктуев // *Обработка металлов: Технология. Оборудование. Инструменты*. 2012. № 1(54). С. 90-95.

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОКРЫТИЙ ИЗ СМЕСЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ СОЛИ ВОЛЬФРАМА И КОБАЛЬТА, ПРИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ НА ТИТАНОВЫХ ПОДЛОЖКАХ

Ли Ю.В., Козулин А.А., Кульков С.С.

Научный руководитель: Козулин А.А., к. ф.-м. н.

Томский государственный университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36

E-mail: kozulyn@ff.tsu.ru

Исследование возможностей получения новых композиционных материалов на основе новых соединений и структурно-фазовых состояний в экстремальных условиях является одной из наиболее актуальных задач физики и современного материаловедения. Одним из перспективных направлений в получении таких композитов является применение кумулятивного синтеза с использованием энергии взрыва для получения высокопрочных покрытий на преградах – подложках. В существующих работах подтверждается возможность получения сверхтвёрдых покрытий с помощью кумулятивного взрыва. Показано, что в процессе кумулятивного синтеза возможно использование широкого спектра химических элементов и их композиций, включая совмещение тяжелых и легких элементов, что недостижимо в рамках известных динамических методов.

Ориентируясь на получение сверхтвёрдых покрытий, большие перспективы представляет использование специально синтезированных комплексных солей, содержащих W и Co – $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{WO}_4$. Применение комплексных солей оправдано не только тем, что атомы металлов в них перемешаны на молекулярном уровне, но и их низкой плотностью. Таким образом, можно попытаться отказаться от использования мелкодисперсных металлических и оксидных порошков и значительно упростить процесс изготовления облицовки. При традиционном смешивании порошков с большой разницей плотностей, достаточно трудно достичь гомогенности по всему объему облицовки, кроме того, происходит быстрое оседание более плотной компоненты.

Цель настоящей работы – исследование особенностей формирования структуры покрытий, полученных методом кумулятивного синтеза смесей наноструктурного порошка состава $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{WO}_4$, технического углерода марки УТ 100 и аморфного бора (В) в равных пропорциях, на поверхностях титановых подложек.

Для получения наноструктурного покрытия на титановых подложках был использован метод кумулятивного синтеза облицовок, разработанный в Институте гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН. С целью поиска перспективных высокодисперсных и высокоэнергетических исходных материалов и композиций для кумулятивного синтеза отработывались режимы получения различных смесей, которые

использовались в качестве прекурсоров при кумулятивном нанесении покрытий. На первом этапе были приготовлены образцы смесей наноструктурного порошка содержащих соли W и Co, технического углерода марки УТ100 и аморфного бора (В) в равных пропорциях, далее по тексту статьи состав (1):

$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{WO}_4 + \text{C}(\text{УТ } 100) + \text{В}(\text{аморф.})$ в пропорции 1:1:1.

Приготовленная смесь была использована для кумулятивного напыления покрытий на трех титановых подложках (Химический состав материала подложек ВТ1-0, масс. %: Ti 98,61-99,70; Fe - до 0,18; C - до 0,07; Si - до 0,1; N - до 0,04; O – до 0,12; H – до 0,01; прочие – 0,3). В экспериментах применялись кумулятивные заряды с конической облицовкой с углом раствора $2\alpha = 30^\circ$. Для увеличения толщины покрытия таблеток-подложек диаметром 20 мм. и толщиной 10 мм. их поверхность подвергали воздействию кумулятивного потока трижды. Два первых выстрела проводились техническим углеродом УТ 100, третий выстрел смесью (1). Титановые подложки в реакторе были размещены таким образом, что по центру кумулятивной струи располагался образец №1, а образцы 2 и 3 на ее периферии, на равном удалении от центра.

На следующем этапе работы проводились рентгеноструктурные исследования и измерение микротвердости, полученных покрытий.

Рентгеноструктурное исследование покрытий, полученных методом кумулятивного синтеза, осуществлялось с помощью дифрактометра ARL X'TRA с фильтрованными CuK_α или CoK_α излучениями. Съёмка велась по точкам с шагом $0,05^\circ$. Определение параметров решетки проводилось по отражениям в интервале углов $20^\circ < 2\theta < 85^\circ$. Разделение перекрывающихся рентгеновских максимумов осуществлялось с помощью компьютерной программы на основе минимизации отклонения суммарного аппроксимирующего профиля от экспериментального.

Параметры тонкой кристаллической структуры определялись по уширению рентгеновских линий. Для расшифровки рентгенограмм и более подробного фазового анализа покрытий рентгеноструктурному анализу предшествовал элементный анализ покрытий на оптическом эмиссионном спектрометре «ARL 3460 Quantis».

Измерение микротвердости образцов проводились на их поперечной поверхности с использованием автоматического

микротвердомера Wolpert Wilson Instruments 402 MVD с нагрузкой 50–100 г, выдержка при индентировании составляла 5 сек. Для всех образцов сделано более 100 отпечатков, диагонали каждого из них измерялись в автоматическом режиме. Предварительно образцы запрессовывались в заливку для полировки шлифа в зоне осевого разреза с использованием прессы SimpliMet 1000 для заливки образцов для оптической микроскопии. Образцы перед измерением микротвердости шлифовались и полировались на корундовой пластине до $R_a = 0,025$ и $R_z = 0,1$ мкм на автоматическом полировальном станке LaboPol-5 до зеркальной бездефектной поверхности.

Рентгеноструктурное исследование показало, что профили всех трех образцов практически идентичны. Отклонения возможны из-за различного расположения подложек относительно кумулятивной струи и, как следствие, различного высокоэнергетического воздействия.

При расшифровке рентгенограмм получено, что в процессе кумулятивного синтеза смеси состава (1) образуется карбидная фаза TiC_x , но сильно нестехиометрического состава, возможно, что произошло образование оксикарида, поскольку по данным микро-рентгеноспектрального анализа покрытия содержат большое количество кислорода (Таблица 1). Титан представлен двумя фазами - исходным ГПУ-титаном и высокотемпературной фазы ОЦК-титана, которая образовалась вследствие быстрой закалки от высокой температуры в кумулятивной струе.

Средний размер кристаллитов для образца №1, оцененный по формуле Шеррера составил:

- кристаллиты TiC – 33 нм.,
- кристаллиты ГПУ-титана – 16 нм.,
- кристаллиты ОЦК-титана – 7 нм.

Таблица 1. Результаты элементного анализа поверхности с покрытием

Элемент	Весовой %	Атомный %
C K	3,61	8,17
O K	35,16	59,75
Al K	3,02	3,04
Ti K	40,44	22,95
Fe K	10,23	4,98
W K	7,55	1,12

Результаты измерения микротвердости представлены на рис. 1, на графике: H_V – микротвердость по Виккерсу (ГПа); d – расстояние от края покрытия в сторону необработанной поверхности. Показаны кривые изменения микротвердости для трех исследуемых

образцов. Точки на графике для каждой кривой среднее значение между тремя величинами равноудаленными от края поверхности. Микротвердость измеряли на поперечном шлифе образцов.

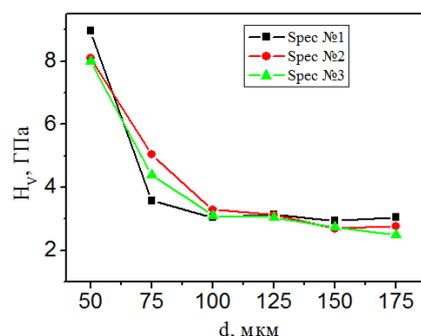


Рис. 1. Распределение микротвердости на шлифе образца

Делали серию уколов в направлении l (рис. 2б) от края поверхности с покрытием в сторону необработанной поверхности, выбором направления старались минимизировать возможное расстояние между уколами и краем поверхности, минимальное расстояние между отпечатками регламентировано ГОСТ 9450-76 «Измерение микротвердости вдавливанием алмазного наконечников» - не менее двух длин диагоналей отпечатков. Все три образца показали повышение микротвердости в области покрытия и приповерхностных слоях. Синтезированное кумулятивное покрытие в поперечном шлифе имеет величину микротвердости 8-9 ГПа. Микротвердость полойки плавно снижается от поверхности внутрь. Таким образом, величина микротвердости в покрытии и приповерхностных слоях превышает исходную микротвердость титановых подложек в 4,5 - 5 раз.

В результате исследований получено, что при кумулятивном нанесении покрытий формируется неоднородный рельеф поверхности - наряду с гладкими проплавленными участками присутствует большое количество кратеров, образованных при соударении агломератов смеси с расплавленной поверхностью.

Не смотря на это использование смесей состава (1), содержащими W и Co, при формировании покрытий на титановых подложках с использованием кумулятивного синтеза показало эффективность в плане получения высокопрочных покрытий и упрочнения приповерхностных слоев образцов. Образцы титановых подложек с покрытием показали высокую микротвердость покрытия и увеличение микротвердости в приповерхностных слоях самих подложек – это связано с присутствием большого количества карбидной фазы в материале поверхности и закалкой, о чем свидетельствует присутствие ОЦК-фазы.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛАЗЕРНОГО ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СТАЛЬ 40Х

Лобанкова О. В., Есипова Е. С.

Научные руководители: Зыков И. Ю., к. ф.-м. н., доцент, Мельников А. Г., к. т. н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: lobankovaov@gmail.com

Введение

В последние годы интенсивно развивается производство чеканных штампов (клише). В частности, наиболее совершенными методами их изготовления являются использование электроэрозионной и лазерной обработки. Однако применение электроэрозионной обработки требует наличия рабочей жидкости с высокими диэлектрическими свойствами, в среде которой проводится обработка, а, следовательно, усложняется конструкция станка и затрудняется его обслуживание. В связи с этим рассмотрим изготовление клише на лазерной установке. Излучение оказывает остаточное тепловое воздействие на материал, изменяющее его свойства, что затрудняет оптимизацию технологического процесса.

Данная работа посвящена изучению влияния лазерного теплового воздействия на материал.

Материал и методика исследования

В качестве материала для исследований была выбрана сталь марки 40Х (конструкционная легированная сталь с содержанием углерода 0,40% и менее 1,5% хрома).

Термическая обработка

Нагрев под закалку и отпуск проводили в камерных электрических печах. Температура нагрева под закалку составляла 850⁰С. После выдержки образцы охлаждались в воде. Далее производился низкотемпературный отпуск при температуре 200⁰С в течение 30 минут.

Лазерная обработка

Выборка материала производилась посредством лазерного комплекса Минимаркер2-М20, оснащенного итербиевым импульсным волоконным лазером при частоте следования импульсов 20 кГц, скорости перемещения луча 50 мм/с и средней выходной мощности лазера 20 Вт. Количество проходов лазерного луча и длительность импульса при этом варьировались.

Металлографический анализ

Для проведения микроанализа на образцах готовились металлографические шлифы с помощью шлифовальных шкуркок с различным размером зерна абразива. Окончательную полировку проводили на сукне с применением алмазной пасты. Структуру выявляли травлением 4% раствором HNO₃ 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

Твёрдость стали в исходном (отожжённом) состоянии, измеренная по методу Бринелля, составила HB=212-217. Твёрдость стали после закалки составила 60-62 HRC, после отпуска – 51-52 HRC.

Исследовательская часть

Глубина выборки стали после 80 проходов лазерного луча показана на рисунке 1.

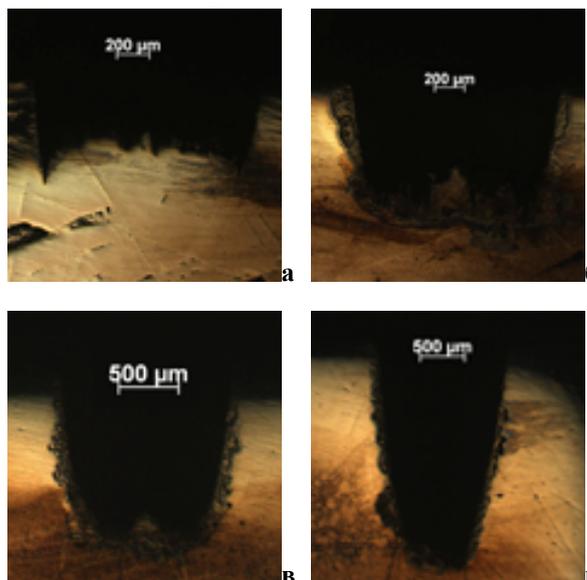


Рис. 1. Глубина испарения металла в продольном сечении по направлению луча при длительности импульса: а) 30 нс, б) 50 нс, в) 100 нс, г) 200 нс

Таким образом, глубина удаления металла сильно возрастает с увеличением длительности импульса. Вначале металл в области действия лазерного излучения достигает температуры плавления, расплав перегревается и деформируется, образуется лунка, в которой практически сразу же вещество превращается в пар и покидает лунку. И чем больше длительность импульса, тем глубже материал сможет прогреться и затем испариться (табл. 1).

Таблица 1

Глубина канала выборки материала	
Длительность импульса, нс	Глубина, мкм
200	2372
100	1302
50	814
30	364

Также видно, что на границе испаренного вещества и тела происходит переplав стали (рис. 2). При воздействии лазерного излучения часть его энергии поглощается паро-плазменным факелом, часть уносится реактивной парогazовой струей, а оставшаяся часть поглощается на стенках канала, расплавляя их. Во время испарения на границе раздела жидкость-пар действует реактивное давление паров. Расплав движется по стенкам лунки, удерживаясь давлениями паров и силой поверхностного натяжения. При перемещении луча расплавленный материал оттесняется, за лучом

образуется ванна расплава, которая остывает и кристаллизуется. На стенках образуется переплавленный материал.

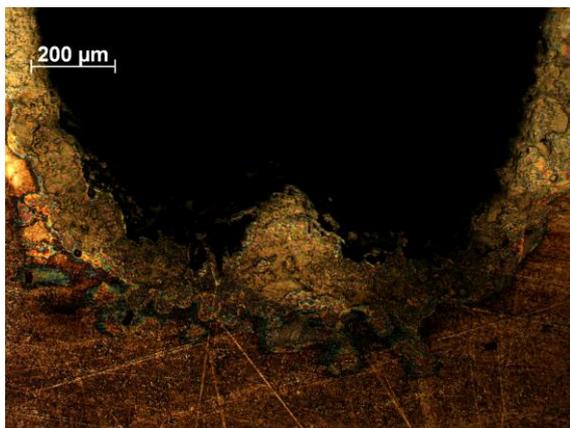


Рис. 2. Переплавленный материал на дне лунки

Исследование микроструктуры стали показало, что на обрабатываемой поверхности в зоне нагрева происходит закалка (рис. 3). Особенностью лазерного нагрева является его поверхностный характер с высокими скоростями и малым временем воздействия. В результате такой закалки образуется еще более мелкий мартенсит, чем при обычных способах закалки. Материал приобретает большую твердость, однако становится хрупким.

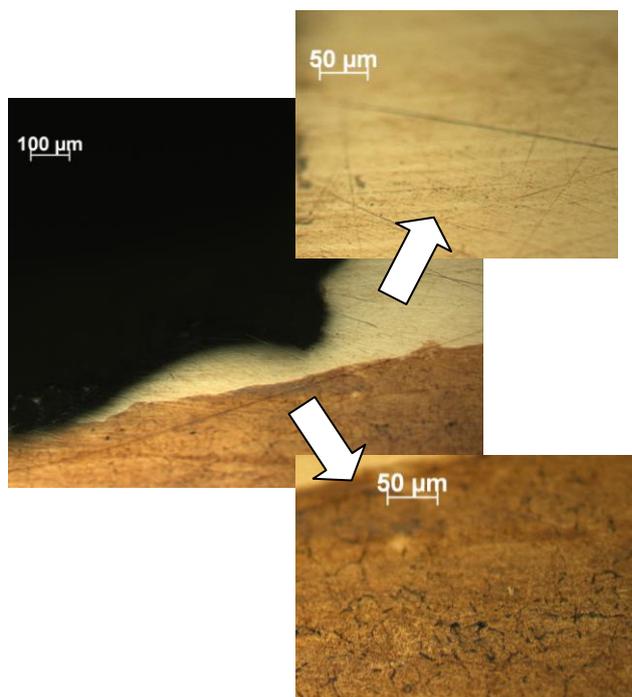


Рис. 3. Закаленная структура мартенсита

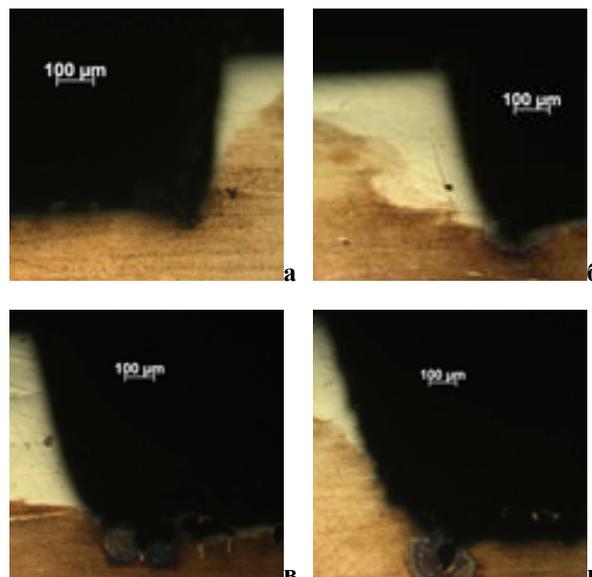


Рис. 4. Сравнительная глубина области проковки металла при длительности импульса: а) 30 нс, б) 50 нс, в) 100 нс, г) 200 нс

Заключение

Установлено, что в процессе выборки материала за счет теплового лазерного воздействия происходит закалка металла. Такой способ обработки материала приводит к образованию более мелкодисперсного мартенсита, чем при стандартных способах закалки. С увеличением длительности импульса кратер в сплаве также углубляется сильнее. Причем время воздействия импульса и их количество не оказывают существенного влияния на глубину прокаленной области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Григорьянц А. Г. Основы лазерной обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1989. – 300 с.
2. Гуляев А. П., Гуляев А. А. Металловедение: Учебник для вузов. 7-е изд., перераб. и доп. М.: ИД Альянс, 2011. – 644 с.
3. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: справ. / под ред. Н. Н. Рыкалина. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
4. Лосев В. Ф., Морозова Е. Ю., Ципилев В. П. Физические основы лазерной обработки материалов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011. – 199 с.

ПОВЕРХНОСТНАЯ ЗАКАЛКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАУГЛЕРОЖЕННЫХ СЛОЕВ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЩНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА, ВЫВЕДЕННОГО В АТМОСФЕРУ

Лосинская А.А.

Научный руководитель: Батаев В.А., д.т.н., профессор
Новосибирский государственный технический университет,
630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20
E-mail: anna.losinskaya@mail.ru

Выход из строя многих деталей машин и элементов конструкций обусловлен развитием процессов их изнашивания. Для решения этой проблемы обычно применяют методы химико-термической обработки. Одним из этих методов является цементация. Сущность цементации заключается в диффузионном насыщении поверхностных слоев сталей углеродом при высоких температурах. Обычно детали после цементации подвергаются термической обработке, закалке и отпуску. Наплавка высокоуглеродистых слоев в литературе анализируется редко. В работах [1-3] рассмотрено введение углерода в стали методами лазерной и плазменной наплавки.

Технологические параметры электронного ускорителя ЭЛВ-6, разработанного в Институте ядерной физики СО РАН, позволяют осуществлять наплавку порошковых углеродосодержащих смесей на стали, а так же производить поверхностную закалку наплавленных слоев. Целью данной работы являлось изучение возможности комбинированной обработки сталей, сочетающей наплавку углеродосодержащих порошковых смесей и последующую закалку.

В качестве материала исследования применялись пластины из стали 20 после отжига при 900 °С. Наплавляемая смесь состояла из 25 % (вес.) графита терморасширенного марки ГЛ-1 (ГОСТ 5279-74), 25 % (вес.) порошка железа карбонильного ОСЧ6-2 (ТУ 6-09-3000-78) и 50 % (вес.) флюса MgF₂. Железо применялось для смачивания и облегчения растворения графита в основном металле. Флюс использовался для защиты от кислорода, содержащегося в воздушной атмосфере. Перед наплавкой тщательно перемешанная смесь наносилась на предварительно очищенную от окислов и обезжиренную поверхность образцов в количестве 0,2 г/см².

Энергия электронов в пучке составляла 1,4 МэВ. Для обработки всей поверхности образца применялась электромагнитная развертка, обеспечивающая сканирование пучка электронов с размахом 50 мм и частотой 50 Гц.

Наплавка производилась при скорости обработки – 10 мм/с, закалка – 70 мм/с, расстояние от выпускного отверстия до поверхности заготовки составляло 90 мм, ток пучка 24 и 26 мА – для наплавки и 32 и 34 мА – для закалки. Для снятия внутренних напряжений был произведен отпуск материалов. При этом

расстояние от выпускного отверстия до заготовки было увеличено до 122 мм, а ток пучка электронов снижен до 9,5 мА.

Микроструктура полученных слоев была исследована на поперечных шлифах, подготовленных по стандартной технологии, сочетающей шлифование и полирование. В качестве травителя применялся 5%-ный раствор HNO₃ в этиловом спирте.

С целью оценки качества полученных материалов были изучены их механические и триботехнические свойства. Микротвердость покрытий измерялась на приборе Wolpert Group 402MVD, нагрузка на алмазный индентор составляла 0,98 Н. Проведены испытания материалов на износостойкость в условиях воздействия закрепленных и нежестко закрепленных абразивных частиц. В качестве контрольного материала применялась сталь 20 после цементации с последующей закалкой и низким отпуском.

Испытания на износостойкость в условиях воздействия закрепленных частиц абразива проводились согласно ГОСТ 17367. Образцы имевшие форму цилиндров диаметром 2 мм и высотой 10 мм, прижимались к абразивной шкурке с силой 3 Н. Траектория движения образца представляла собой спираль Архимеда. Время испытания составляло 35 с. В ходе испытания оценивалась потеря массы образцов. Испытания на стойкость при трении о нежестко закрепленные частицы абразива проводились по ГОСТ 23.208. В зону трения подавался кварцевый песок. Нагрузка на образец составляла 40 Н.

Структурные исследования показали, что в наплавленных слоях сформирована структура белого доэвтектического чугуна при 24 мА (рис. 1) и заэвтектоидной стали при 26 мА (рис. 2). Содержание углерода составило 2,19 % и 1,57 %, соответственно.

После закалки обработанные слои имеют сложное градиентное строение. На образцах с наплавленной заэвтектоидной сталью можно выделить пять зон с различной структурой.

Толщина поверхностного слоя, закаленного из аустенитной области, составила 400 мкм, основной фазой этой зоны является мартенсит (рис. 3). В слое, закаленном из аустенитно-цементитной области, наблюдаются нерастворенные участки цементита

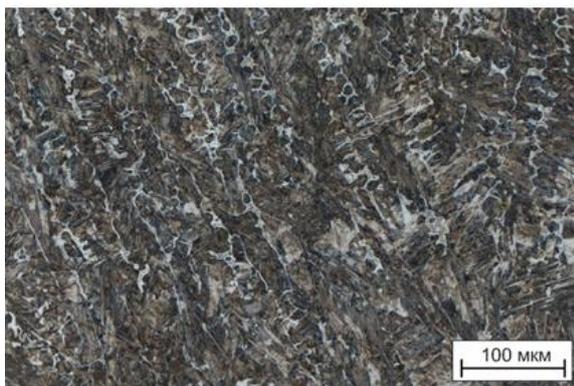


Рис.1. Структура белого доэвтектического чугуна, сформированная при наплавке с током пучка электронов 24 мА



Рис. 2. Структура заэвтектоидной стали, сформированная при наплавке с током пучка электронов 26 мА

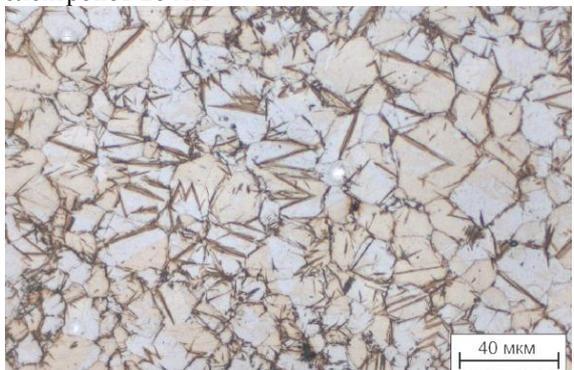


Рис. 3. Структура высокоуглеродистого мартенсита и остаточного аустенита в поверхностном слое сформированном при закалке наплавленной заэвтектоидной стали видманштеттового типа.

Переходный слой толщиной ~ 300 мкм имеет наиболее сложное строение. В нем наблюдаются кристаллы мартенсита, аустенита, цементита, а так же участки перлита (рис. 4).

Отличительной особенностью образцов с покрытием из закаленного чугуна является наличие во всех зонах микрообъемов цементита, входившего в состав ледебурита.

Твердость наплавленной стали составила 4500 МПа, а твердость чугуна – 5300 МПа. Закалка позволила повысить твердость чугуна до 8000 МПа, а стали - до 7000 МПа.

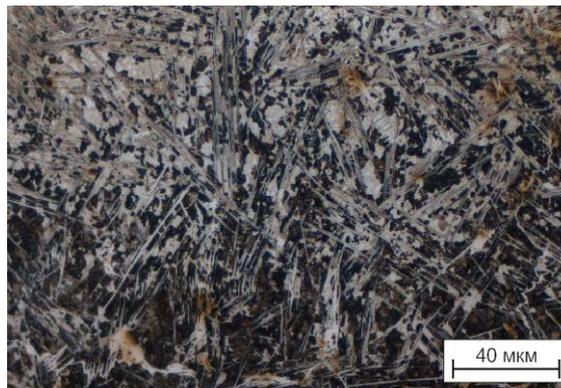


Рис. 4. Переходный слой между закаленным и наплавленными слоями сформированный при закалке наплавленной заэвтектоидной стали.

Износостойкость наплавленных слоев в условиях закрепленных частиц абразива соответствует стали 20 после цементации с последующей закалкой и низким отпуском. Закалка повысила износостойкость стали на 60 %, чугуна - на 40 %.

В условиях воздействия нежестко закрепленных абразивных частиц интенсивность изнашивания высокоуглеродистой стали и чугуна соответствует изнашиванию контрольного материала. Закалка еще в большей мере снизила интенсивность изнашивания материалов.

При трении скольжения наименьший уровень интенсивности изнашивания показали слои закаленного чугуна, его поведение соответствует контрольному материалу. Закаленная сталь изнашивается интенсивнее. Скорость изнашивания слоев, не подвергнутых закалке, существенно выше.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что электронно-лучевая наплавка высокоуглеродистых слоев с последующей закалкой и отпуском позволяет получить закаленные слои с высокой твердостью и хорошими триботехническими свойствами.

Список литературы

1. Jianhua Yao, Qunli Zhang, Mingxia Gao, Wei Zhang. Microstructure and wear property of carbon nanotube carburizing carbon steel by laser surface remelting. *Applied Surface Science* 254 (2008) 7092–7097.
2. Jianhua Yao, Chunan Ma, Mingxia Gao, Fanzhi Kong, Qunli Zhang. Microstructure and hardness analysis of carbon nanotube cladding layers treated by laser beam. *Surface & Coatings Technology* 201 (2006) 2854–2858.
3. J. García Molleja, L. Nosei, J. Ferrón, E. Bemporad, J. Lesage, D. Chicot, J. Feugeas. Characterization of expanded austenite developed on AISI 316L stainless steel by plasma carburization. *Surface & Coatings Technology* 204 (2010) 3750–3759.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лютова Е.С., Подоляк К.В., Л.Н. Спивакова

Научный руководитель: Борило Л.П., д.т.н., профессор

Томский государственный университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 36

E-mail: katyaiivanova@sibmail.com

Кальций – фосфатные материалы и покрытия на имплантаты, относятся к классу биоактивных изделий, находят широкое применение в травматологии и ортопедии благодаря высокой способности к интеграции с костной тканью [1]. Считается, что для повышения биологической активности материала необходимо высвобождение в окружающую среду (в результате частичного растворения) биологически активных ионов, прежде всего ионов кальция и фосфора. Они используются организмом для образования на поверхности имплантата кальций-фосфатных слоев, которые приводят к построению новой функциональной системы имплантат-кость. Относительно недавно стали применять покрытия на титане и титановых сплавах. Одним из методов получения кальций-фосфатного покрытия является золь-гель технология [2], которая позволяет получить материалы высокой чистоты и однородности, так как обеспечивает распределение компонентов на молекулярном уровне и позволяет более надежно выдержать заданный состав, а также получить композиции при более низких температурах. Вместе с тем, применение именно золь-гель методов при синтезе, в частности, биоматериалов оказывает значительное позитивное влияние на биоактивные свойства.

Целью исследования являлась разработка составов и технологии получения тонкопленочных композиционных материалов на титановых подложках на основе оксидов системы $\text{CaO} - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{SiO}_2$.

Для получения пленок использовали пленкообразующие растворы (ПОР), которые готовили на основе абсолютного этилового спирта, тетроэтоксисилана, ортофосфорной кислоты, хлорида кальция. Пленки получали на подложках из монокристаллического кремния, титана и на оксидированной поверхности титана методом центрифугирования и вытягивания со скоростью вращения центрифуги 3000 об/мин и со скоростью вытягивания 5 мм/с. Формирование пленок проводили в два этапа на воздухе при температуре 60°C и в муфельной печи при температуре 600°C.

Термический анализ исходных веществ и порошков высушенных гидролизованных ПОР проведен на дериватографе Q-1500. Фазовый состав синтезированных пленок устанавливали на дифрактометре ДРОН-3М. Изучение поверхности полученных пленок и их механических свойств проводили с использованием атомно-силового микроскопа

(NT-MDT Ntegra Aura) с диаметрами кремниевой иглы 2–5 нм. Морфологию поверхности исследовали с применением бесконтактного 3D-профилометра MICRO MEASURE 3D station, французской фирмы STIL. Кислотно-основные свойства изучены с использованием рН-метра типа 673М. Исследования биологических свойств материалов проводили с использованием моделирующей жидкости тела (SBF).

Пленкообразующей способностью обладают вещества, способные образовывать в растворе макромолекулы или ассоциаты, которые при нанесении на подложку сцепляются с её поверхностью и при улетучивании растворителя с повышением температуры разлагаются до оксидов. Для практики важна стабильность пленкообразующих растворов (ПОР) во времени, поэтому экспериментально устанавливалась взаимосвязь между вязкостью растворов, временем и технологическими характеристиками получения пленок. В пленкообразующем растворе (в пересчете на оксиды SiO_2 20 – 80 масс.%, P_2O_5 5 – 30 масс.%, CaO 10 – 50 масс.%) формируется устойчивая коллоидная система при сроках хранения до 7 суток. Вязкость растворов в зависимости от состава изменяется от 3,8 до $4,6 \cdot 10^3$ Па·с. При хранении пленкообразующего раствора в исследуемых составах протекают химические (гидролиз, поликонденсация) и физические процессы, что приводит к изменению состояния: истинный раствор переходит в золь, а затем в гель [3].

По данным термического анализа для системы $\text{SiO}_2 - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{CaO}$ прослежены основные стадии формирования оксидных систем. До 700°C происходит удаление физически связанной и химически связанной воды, сгорание спирта и продуктов термоокислительной деструкции этоксигрупп. При температуре выше 700°C происходит переход аморфной модификации SiO_2 в кристаллические формы с максимумами при 796°C, 865°C и 933°C.

По методу Метцера-Горовица были рассчитаны кинетические параметры. Более низкие значения энергии активации для первых стадий от 33 до 56 кДж/моль позволяют предположить, что в это время происходит удаление физически адсорбированной воды и растворителя, в то время как энергия активации последующих стадий от 150 до 245 кДж/моль характерна для химических процессов, связанных с полиморфными превращениями SiO_2 .

По результатам рентгенофазового анализа были определены продукты кристаллизации. При

тэмпературы 600°C фіксуецца кварц, трідыміт, волластаніт і складныя фосфаты.

Ісследванне кіслотнасці паверхні дысперсных матэрыялаў паказала, што ў залежнасці ад зместу аксіда фосфара ў апрабках і тэмпературы абжыга ў сістэме магчыма атрымаць злучэнні з рН паверхні ад 3,8 да 10,8. Высушаныя пры 60°C апрабкі маюць вельмі кіслотны характар паверхні. Із залежнасці распаўсюлення цэнтраў адсорбцыі следвае, што на паверхні апрабки высушаныя пры 60°C пераважаюць кіслотныя цэнтры Брэнстэда, характэрныя інтэрвальным значэннем рН = 3,9 – 4,5. Для атожжаных апрабках пры 600°C значэнне рН рэзка павялічваецца да 10,1 – 10,8, гэта сведчыць аб тым, што свежапрыгатаваны апрабкі прадстаўляюць сабой асновы Брэнстэда.

Результаты атамна-сілавой мікраскопіі паказалі, што пры высокім зместу SiO₂ ў плёнцы ўтвараецца аднароднае плёнчынае пакрыццё. Зніжэнне зместу крэмнія да 50 % ў сістэме прыводзіць да ўтварэння пакрыццяў з дастаткова раўнамерна размяшчанымі крысталічнымі ўтварэннямі дыяметрам да 10...11 мкм і вышынёй не больш за 2 мкм на адлегласці ад 1 да 30 мкм. Плёнкі з зместам аксіда крэмнія менш за 50 % ў сістэме атрымваюцца не раўнамерныя і маюць абласці адслоення ад падложкі.

Пры атрыманні плёнак метадам цэнтрыфугіравання рэльеф паверхні апрабках нераўнамерны, а метадам выцягвання дазваляе атрымаць плёнчынае пакрыццё на сямь дзён зрэжання ПОР з больш аднароднай шэрохаватасцю (рэльефам) (рис.1)

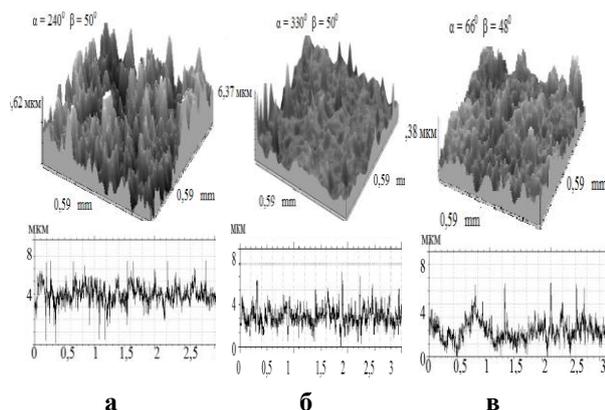


Рис. 1 – 3D выяўленні і профіль аксідаванага паверхні титана і аксідаванага паверхні титана з золь-гель пакрыццём, дзе: а – аксідаваная паверхня титана (ОПТ); б – аксідаваная паверхня титана з золь-гель пакрыццём, час зрэжання ПОР 2 сут (ОПТ+ЗГ2); в – аксідаваная паверхня титана з золь-гель пакрыццём, час зрэжання ПОР 7 сут (ОПТ+ЗГ7).

Біялагічную актыўнасць ісследвалі ў аскусствёных умовах, ў сярэды SBF (раствор, імітуючы бесклеточную жывую тканку). Ісследваемыя апрабкі былі пагружаны ў раствор на 4 тыдні. Калі матэрыял рэагуе з вадным раствором, адбываюцца як хімічныя, так і структурныя змяненні на паверхні ў залежнасці ад часу, што вядзе да змянення рН раствора. Павялічэнне рН сведчыць аб высокай рэакцыйнай здольнасці ісследваных матэрыялаў. У першы дзень пагружэння ў SBF масы апрабках не мяняюцца. Пасля істэчэння сутак пачынаецца зніжэнне масы на 0,8 – 0,6 %, гэта сведчыць аб растварэнні пакрыцця ў сярэды раствора SBF. Пасля двух сутак і на працягу 4 тыдняў вытрыжкі ў раствору адбываецца бесперапынны рост масы апрабках.

Пры пагружэнні ў SBF на паверхні матэрыялаў павялічваецца змест іонаў Са і Р на 6 – 7 і 14 – 19 мас. % адпаведна, не залежна ад метаду атрымання плёнак. Утварэнне кальцыя-фасфатнага шара на біоактыўных матэрыялах і выпуск растварымага крэмнія і іонаў кальцыя ў асяродкія тканкі з'яўляюцца ключавымі фактарамі для хуткага звязання гэтых матэрыялаў з тканкай. Пры нанесенні ПОР на аксідаваную паверхню титана перад пагружэннем яго ў SBF прыводзіць да сутэснаму паскарэнню працэсу, аб чым сведчыць змяненне масы апрабках. Пасля 4 тыдняў вытрыжкі ў SBF павялічэнне масы на 4,5 – 7,4 %. Павялічэнне тэрміну зрэжання ПОР прыводзіць да росту масы апрабках пасля вытрыжкі ў раствору SBF.

Працэс утварэння кальцыя-фасфатнага шара ў раствору SBF на аксідаванай паверхні титана з кальцыя-фасфатнай плёнчай адбываецца хутчэй, чым на аксідаванай паверхні титана. Атрыманыя золь-гель метадам кампазіцыі титан – аксід титана – кальцыя-фасфатнае пакрыццё маюць біоактыўнасць, якая перавышае біоактыўнасць титан – аксідаванай паверхні.

Спіс літэратуры:

1. Сычев М.М. Перспектыва выкарыстання золь-гель метаду ў тэхналогіі неарганічных матэрыялаў. // Журнал прыкладнай хіміі. 2007. – Т. 63. – № 3. – С. 489 – 498.
2. Пуцяев В.І. Савременныя біокерамічныя матэрыялы // Соросовскі адукацыйны журнал. 2004. – Т. 8. – С. 44 – 50.
3. Борыло Л.П., Петровская Т.С., Лютова Е.С., Співакова Л.Н. Сінтэз і фізіка-хімічныя ўласцівасці тонкаплённых і дысперсных функцыянальных сілікофасфатных матэрыялаў. // Ізвестыя Томскага політэхнічнага ўніверсітэта. Хімія. 2011. – Т. 319. – № 3. – С. 41 – 47.

О ВОЗМОЖНОСТИ СИНТЕЗА ФУЛЛЕРЕНОВ И АЛМАЗОПОДОБНЫХ СТРУКТУР В СТРУЕ УГЛЕРОДНОЙ ПЛАЗМЫ

Макарова А.Ф., Даваа А.В.

Научный руководитель: Пак А.Я., ассистент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Усова, 7

E-mail: mafanian1991@gmail.com

Изучение углеродных наноструктур уходит в 50-е годы XX века. Но более углубленное изучение началось не так давно [1]. Углеродные наноструктуры являются перспективным материалом для различных областей науки и техники. Благодаря своим уникальным свойствам, они могут применяться как в медицине, оптике, электронике, горной промышленности так и в каталитических системах и многих других областях [2], например, одной из перспективных разработок в электронике являются высокочастотные графеноподобных транзисторы, основанные на алмазоподобных материалах [3]. Существуют различные углеродные структуры: нанотрубки, фуллерены, графен, луковичные структуры и др. Методы получения их также различны. Таким образом, востребованность углеродных наноматериалов растет, но существует проблема их получения. В данной работе рассмотрим метод получения углеродных структур с помощью коаксиального магнитоплазменного ускорителя (КМПУ) [4].

С использованием КМПУ показана возможность динамического синтеза ультрадисперсных кристаллических фаз в гиперскоростной струе углеродной электроразрядной плазмы, истекающей в атмосферу, заполненную углекислым газом при нормальных условиях. Источником плазмы является сильноточный (10^5 А) импульсный (0,5 мс) КМПУ с графитовым ускорительным каналом (УК) и центральным электродом. Электропитание ускорителя осуществлялось от емкостного накопителя энергии с $C=6,0$ мФ. При зарядном напряжении $U_{ch}=2,5$ кВ. Основные параметры импульса тока длительностью 300 мкс составили: амплитуда тока $I_m=80$ кА, мощность разряда $P_m=70$ МВт, подведенная энергия $W=12$ кДж. В качестве прекурсоров используем нанодисперсный углерод (сажа), помещавшийся в область формирования плазменной структуры в начале УК, также углерод нарабатывается электроэрозионным путем с его поверхности. В опыте создаются экстремальные условия, для синтеза уникальных углеродных наноструктур.

Полученный материал анализировался с помощью просвечивающей электронной микроскопии (ТЕМ – Transmission Electronic Microscopy), а также рентгеновской дифрактометрии (XRD).

На рисунках 1-3 приведены результаты электронной просвечивающей электронной микроскопии.

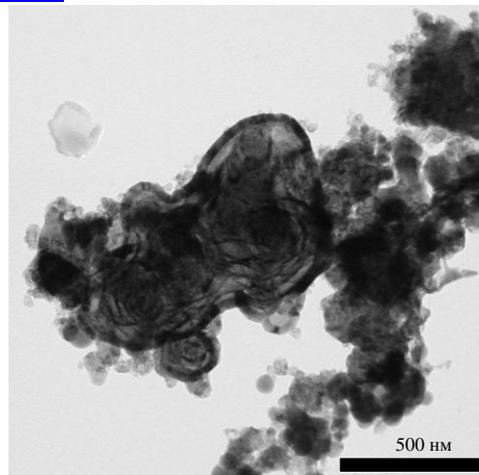


Рис. 1. Светлопольный ТЕМ-снимок

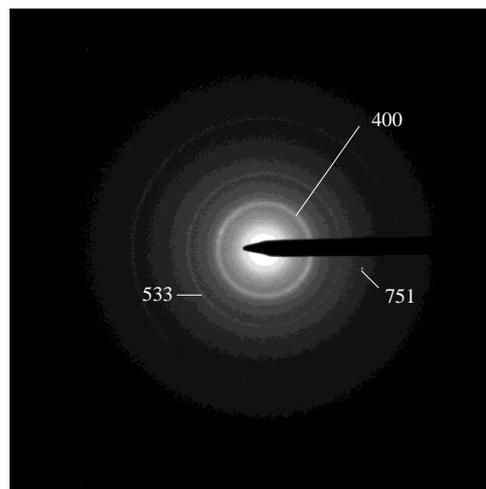


Рис. 2. Картина электронной дифракции

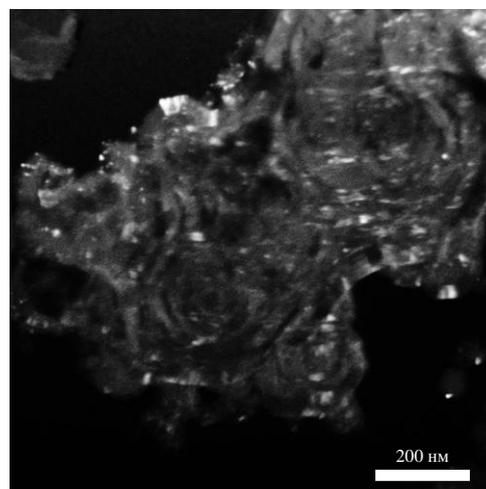


Рис. 3. Фрагмент темнопольного снимка

Так на рисунке 1 можно увидеть несколько различных объектов. Самый заметный объект имеет размер около 1 мкм. Можно предположить, что данный объект образовался подобно клубку в углеродной плазме. Таким образом, при протекании плазмы зародыш закручивается и тем самым образуется углеродный кластер. Его можно сравнить с “bucky shuttle” [5], полученный при проведении детонационного синтеза, который аналогично данному объекту состоит из нескольких слоев. Данный метод синтеза схож с нашим скоростями протекания процессов. По аналогии с фуллеренами такие кластеры могут обладать уникальными физическими и химическими свойствами [6]. Но есть различия в размерах данного кластера и полученного с помощью детонационного метода. На рисунке 1 можно заметить и более мелкие объекты, размером около 50 нм, что предположительно, является углеродными луковичными структурами, типичный размер которых составляет от 3 до 50 нм [7]. По картинкам электронной дифракции (рис. 2) на выделенной области (SAED) было произведено индексирование, показавшее точное совпадение расчетных для указанных отражений значений межплоскостных расстояний со стандартными для графита, а также возможные рефлексы для фуллеренов. На темнопольных ТЕМ-снимках (рис. 3) видно свечение отражающих плоскостей объектов, входящих в структуру кластера.

Структурно-фазовый анализ данных, произведенный дифрактометра Shimadzu XRD 6000. Полно профильный анализ проведен с помощью программного пакета PowderCell 2.4 и базы структурных данных PDF4+. Расчеты показали, что продукт синтеза состоит из нескольких фаз, параметры которых наиболее точно соответствуют следующим структурным моделям: графит С (graphite), углеродные луковичные структуры С (Onions), C₆₅ (алмазоподобные структуры), а также фуллереноподобных структур - C₆₀ и C₇₀. Основные данные структурно-фазового анализа сведены в таблице 1.

Таблица 1. Данные рентгеноструктурного анализа

Фаза	Параметр решетки, Å	
	Эксперимент	PDF4+
C (graphite)	a=2,4932 c=6,7316	a=2,4700 c=6,9700
C (Onions)	a=2,37 c=6,87	a=2,4700 c=6,9700
C ₆₅	a=4,7924 b=5,4650 c=4,3582	a=4,8700 b=5,5650 c=4,4060
C ₆₀	a=14,3600	a=14,2600
C ₇₀	a=10,1160 b=17,2490 c=18,4300	a=10,0160 b=17,3490 c=18,5300

По данным структурно-фазового анализа процентное содержание графита составляло около 60%, 20% - луковичные структуры, 16% - C₆₅ и около

4% массовой доли продукта фуллереноподобные фазы углерода.

На рисунке 4 приведена рентгеновская дифрактограмма. Набор когерентных рефлексов на дифрактограмме свидетельствует о присутствии в составе продукта нескольких углеродных нанодисперсных фаз.

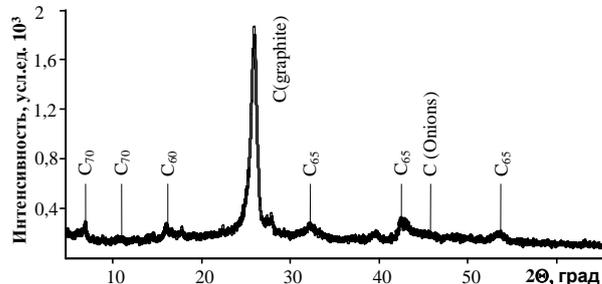


Рис. 4. Рентгеновская дифрактограмма полученного продукта синтеза

Таким образом, показана возможность синтеза углеродных наноструктур с помощью КМПУ в гиперскоростной струе углеродной электроразрядной плазмы, истекающей в камеру, заполненную углекислым газом. Исследование продукта современными методами показало наличие алмазоподобных и фуллереноподобных структур.

Литература:

- Isadora Berlanga, Ruben Mas-Balleste, Felix Zamora, Jesus Gonzalez-Julian, Manuel Belmonte // Carbon nanotubes growth on silicon nitride substrates // Materials Letters. 2011. V. 65. P. 1479-1481.
- Formation of carbon nanotubes from a silicon carbide/carbon composite/ Ravi Joshi^{a,b}, Jo "rg Engstler^b, Prathap Haridossa, Jo "rg J. Schneider^{b,*} Solid State Sciences 11 (2009) 422-427.
- High-frequency, scaled graphene transistors on diamond-like carbon Yanqing Wu, Yu-ming Lin, Ageeth A. ol, Keith A. Jenkins, Fengnian Xia, Damon B. Farmer, Yu Zhu & Phaedon Avouris Nature 472, 74-78 (07 April 2011).
- Патент №2431947 РФ. H05H 1100. Коаксиальный магнетроноплазменный ускоритель заявл. 30.04.2010 опублик. 20.10.2011. бюл. №29
- “Bucky Shuttle” Memory Device: Synthetic Approach and Molecular Dynamics Simulations // Young-Kyun Kwon, David Tománek and Sumio Iijima volume 82, number 7, Physicalreview letters, 15 february 1999.
- Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии М.: Физматлит, 2005. - 416 с.
- Catalyst-free synthesis of onion-like carbon nanoparticles // M. Bystrzejewski, M.H. Rummeli, T. Gemming, H. Lange, A. Huczko// New Carbon Materials, volume 25, issue 1, February 2010, pages 1-8.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ИЗ НАНОПОРОШКОВ ЖЕЛЕЗА И НИКЕЛЬ

С.А. МЕЛЬНИКОВА, Б.С. ЗЕНИН

Национальный Исследовательский Томский Политехнический университет
Институт физики высоких технологий, miss.melsva@yandex.ru

Введение

Новые проблемы и задачи создания материалов с заданными физико-химическими и механическими свойствами могут быть успешно решены методами порошковой металлургии, первое сообщение о которой опубликовано в 1827 году П.Г. Соболевским. Он предложил метод переработки губчатой платины в плотные ковкие заготовки прессованием ее в нагретом состоянии.

Нанотехнология является приоритетным направлением развития современного материаловедения. Объектами нанотехнологии являются дисперсные материалы (частицы, стержни, трубки), пленки и объемные материалы. Верхний предел размеров этих объектов условен и составляет около 100 нм, а нижний предел равен размеру атомов или молекул. Чем меньше размер структурного фрагмента материала (размер частицы, диаметр волокна, толщина слоя, размер зерна поликристалла) и ниже температура, тем сильнее проявляются квантовые свойства этого материала. Заметные изменения свойств наноматериалов наблюдаются при размерах структурных фрагментов менее 10-100 нм. Для одного и того же материала этот критический размер может быть разным, для разных свойств (механических, электромагнитных, механических, оптических и др.). Например, частица никеля становится бездислокационной (механические свойства) при диаметре 140 нм и однодоменной (магнитные свойства) при диаметре 60 нм. Между макроуровнем, где действуют континуальные теории сплошной среды, и атомарным уровнем, подчиняющимся законам квантовой механики, находится промежуточный уровень наноструктуры материала.

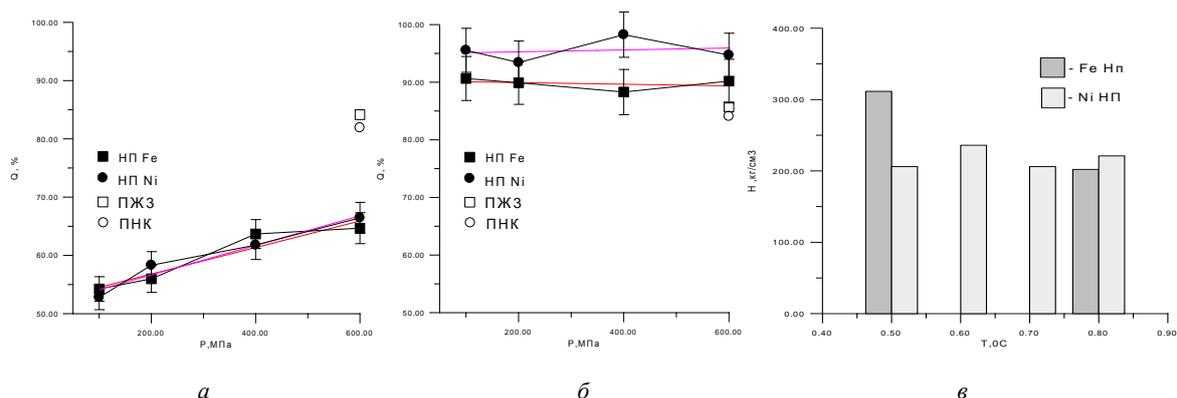
Целью работы являлось использовать в работе традиционные технологии порошковой металлургии, рассмотреть особенности получения образцов из нанопорошка железа и никеля, процессы формования и спекания. Провести сравнительный анализ особенности формирования порошковых материалов из

нанопорошков и порошков обычной дисперсности.

Материалы и методы исследований

Исходными материалами являлись нанодисперсные электровзрывные порошки Fe, Ni со среднеповерхностным диаметром частиц 100 нм [4]. Для сравнения использовали также и порошки указанных металлов обычной дисперсности: порошок железа марки ПЖЗ, никеля марки ПНК. Порошки формовали методом одноосного статического прессования, на гидравлическом прессе Р-20, давление прессования составляло 100, 200, 400 и 600 МПа. Прессовки взвешивали на лабораторных весах марки ВУЛ, измеряли диаметр и высоту микрометром, определяли плотность после прессования. Затем прессовки спекали в вакуумной печи типа СНВЭ в интервале температур 0,5...0,8Tпл. Спеченные образцы взвешивали, обмеряли, определяли их плотность и усадку, строили зависимости полученных характеристик от давления прессования и температуры спекания. Для оценки пористости и изучения микроструктуры спеченные образцы полировали и подвергали травлению. Структуру исследовали с помощью металлографического микроскопа «ЛабОМет». Микротвердость спеченных образцов определяли с помощью прибора ПМТ-3.

На рисунке 1 приведены зависимости плотности прессовок от давления до и после спекания образцов. После прессования, как значения плотности, так и зависимость их от величины усилия прессования для исследуемых материалов близки. После спекания плотности практически не зависят от давления прессования, при этом величина их достигает в среднем 90%. Следует отметить, что при давлении прессования 400МПа оба образца ведут себя не однозначно. Наблюдается незначительное отклонение плотности образцов Ni в сторону увеличения и Fe в сторону уменьшения от линейной зависимости. Данные для среднедисперсных порошков показывают, что значения плотности после спекания для исследуемых материалов значительно выше.

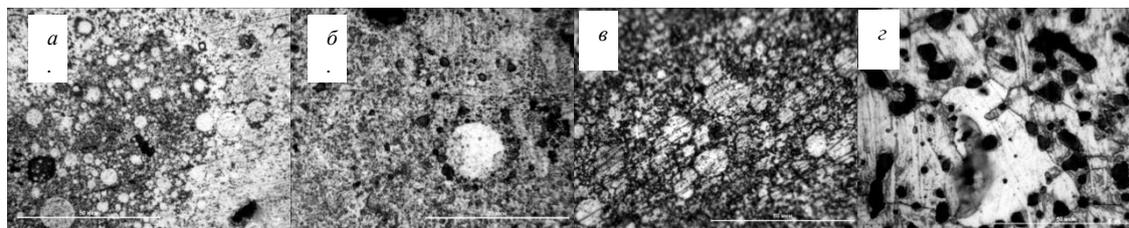


Рисунка 1 – Завіскасць шчынасці да спекавання (а) і пасля спекавання (б) абразцоў Ni, Fe ад даўлення прэсавання. Завіскасць мікротвёрдасці спекаемых абразцоў ад тэмпературы спекавання (в).

На рысунку 1(в) прадставлены графік завіскасці мікротвёрдасці ад гомалагічнай тэмпературы спекавання $\zeta = T_{\text{спк}} / T_{\text{пл}}$ для абразцоў, атрычаных пры даўленні 600 МПа. Мікротвёрдасць нікелевых абразцоў практычна не завіскасць ад тэмпературы спекавання, в

то часам мікротвёрдасць жалезных абразцоў з ростам тэмпературы змяншаецца.

На рысунку 2 прадставленыя фатаграфіі шліфаў, падрыхтаваных з дапамогай устаноўкі НЕРІС, абразцоў спекаемых з нанопорошка жалеза і нікеля.



Рисунка 2 – Мікратэмаграфіі травленых шліфаў спекаемых абразцоў: а - абразец Ni (тэмпература спекавання 0,5Тпл 600МПа даўленне прэсавання), б - абразец Ni (тэмпература спекавання 0,8Тпл 600МПа даўленне прэсавання), в - абразец Fe (тэмпература спекавання 0,5Тпл 600МПа даўленне прэсавання), г - абразец Fe (тэмпература спекавання 0,8Тпл 600МПа даўленне прэсавання).

Із рысункаў відна, што пры тэмпературы спекавання 0,5Тпл паказвае следы ісходнага матэрыяла, па якіх можна бачыць асобныя порошоккі. А пры тэмпературы спекавання 0,8Тпл у жалезнага абразца структура існасць змянілася. асобныя порошоккі не відна, на фоне крупных зерен відны ўключэння якія можна трактаваць як два тыпа: поры і акіслы жалеза. У нікелевых абразцоў структура ісходнага матэрыяла захоўваецца ў выглядзе асобных частіц. Відно, што з павышэннем даўлення прэсавання наблідаецца агульны сярый фон, на якім прысутствуюць крупныя частіцы, якія ў сваю ачарэд імаюць асобную структуру. Так жа можна зазначыць, што з зувелічэннем даўлення прэсавання плошча пор растае, но

Спісак літэратуры

1. Порошковая металлургия. Матэрыялы, тэхналогія, свойства, абласці прымянення: Справочник / І.М.Федорченко, І.Н.Францевіч, І.Д. Радомысельскі, М. С. Ковальченко. – Кіев: Наукова думка, 1985. – 624 с.
2. Маслюк В.А., Львова Г.Г. Перспектыўныя тэндэнцыі развіцця метадаў атрымання порошоквых канструкцыйных матэрыялаў // Порошковая металлургия. – 2006. – № 5/6. – С. 92–100.
3. Назаренка О.Б. Электровзрывные нанопорошки: атрымання, свойства, прымяненне / Под ред. А.П.Ільіна. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 148 с.
4. Тихомиров С.А. – дысертацыя на тэму «Закономерности консолидации металлических нанопорошков никеля и железа».

чысла іх змяншаецца, імае месца «сабіральны эфект».

Заклученне

В часе выканання работы былі ісследованы працэсы фармавання і спекавання нанодысперсных порошоквых жалеза і нікеля, а такжа ісследованы структура і свойства спекаемых матэрыялаў з указаных вышэ порошоквых. Прырода паўоднення у ісследованых матэрыялаў ў цэлым схожа, но ёсць свае ньюансы і адрэччя. Асобныя свойства наноматэрыялаў могуць кардынальна змяніць спосаб ізгатавання матэрыяла і яго свойства.

Работа выканана ў рамках гасударсваеннага задання «Наука».

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ ВОДОРОДОМ НА ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ПРИ ПРОКАТКЕ МЕТАСТАБИЛЬНОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ X18H10T

Мельников Е.В.¹, Кретов Ю.Л.²

Научный руководитель: Астафурова Е.Г.¹ с.н.с. ИФПМ СО РАН, к.ф.-м.н., доцент

¹Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, 634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: melnickow-jenya@yandex.ru

Введение

В связи с интенсивным развитием исследований, направленных на практическое освоение преимуществ замены традиционных видов энергетики на водородную, оборудование для которой предполагает широкое использование аустенитных хромоникелевых сталей, в последние годы возрос интерес к особенностям их взаимодействия с водородом. Присутствие водорода в аустенитных нержавеющей сталях может привести к охрупчиванию или, наоборот, пластификации материала, способствовать γ - ϵ мартенситным превращениям за счет понижения энергии дефекта упаковки стали [1]. В связи с этим представляется интересным рассмотреть влияние наводороживания на механизмы структурно-фазовых превращений при пластической деформации промышленно используемых аустенитных сталей.

В данной работе ставилась задача исследовать влияние прокатки на плоских валках, комбинированной с обратимым легированием водородом, на структурно-фазовые превращения в аустенитной нержавеющей стали X18H10T.

Материалы и методы исследования

Термическую обработку стали X18H10T проводили в среде гелия при температуре 1100 °С в течение 1 часа с последующей закалкой в воду.

Образцы для испытаний были вырезаны на электроискровом станке в форме прямоугольных пластин с размерами 15×11×1,5 мм³. Поврежденный при резке поверхностный слой на образцах удаляли химическим травлением в растворе: 2 части HNO₃ + 3 части HCl. Затем образцы подвергали механической шлифовке и электролитической полировке в растворе 25 гр CrO₃ + 210 мл H₃PO₄.

Насыщение образцов водородом осуществляли в однонормальном растворе серной кислоты H₂SO₄ с добавлением тиомочевины CH₄N₂S при 300 К и плотностях тока 10, 50, 100, 200 мА/см². Время наводороживания составляло 5, 10 и 25 часов.

Пластическую деформацию проводили методом прокатки на плоских валках с обжатием на 50% и 75%. Механические свойства (микротвердость) до и после прокатки изучали на микротвердомере Duramin 5 с нагрузкой 200 г.

Исследования фазового состава и структурных параметров стали X18H10T проводили на дифрактометре Shimadzu XRD-6000 (с монохроматором) с использованием CuK α излучения. Особенности зеренной структуры изучали методом анализа картин дифракции обратно рассеянных электронов (EBSD-анализ) с использованием сканирующих электронных микроскопов со сфокусированными ионным и электронным пучками Quanta 200 3D и Quanta 600 FEG при ускоряющем напряжении 30 кВ с гексагональной постановкой точек и шагом 0,05-0,15 мкм.

Результаты исследования

В исходном состоянии в исследуемой стали X18H10T объемная доля аустенита (γ -фаза) составляет более 95% с параметром решетки $a=3.5999\text{\AA}$ и средним размером зерна 10,6 мкм. После закалки объемная доля феррита – менее 5% ($a=2.8808\text{\AA}$).

В результате пластической деформации без электролитического насыщения образцов водородом зерно измельчается, а объемная доля α -фазы возрастает до 25% и 62% при прокатке на 50 и 75%, соответственно. После прокатки на 50% средний размер зерна аустенита, определенный методом EBSD-анализа, составляет 115 нм, а для феррита – 155 нм. Микротвердость стали X18H10T в исходном состоянии составляла 1,8 ГПа, а после прокатки увеличилась соответственно до 4,0 (50%) и 4,3 ГПа (75%).

На рис. 1 представлена зависимость содержания α -фазы от степени пластической деформации для образцов без водорода (кривая 1) и после насыщения водородом по разным режимам (кривые 2, 3, 4, 5). Фазовый состав стали определяли на основе данных рентгеноструктурного анализа с учетом текстуры образцов. Анализ рентгенограмм стали X18H10T после электролитического насыщения водородом и последующей пластической деформации показал, что с увеличением плотности тока и степени деформации увеличивается объем α -фазы. Максимальная доля α -фазы наблюдается после электролитического насыщения водородом при плотности тока 200 мА/см² (кривая 5 на рисунке 1). Также анализ фазового состава образцов после электролитического насыщения водородом показал, что в ее структуре появляется

ϵ -мартенсит, которого не было в исходном состоянии и в образце, который подвергали деформации без наводороживания.

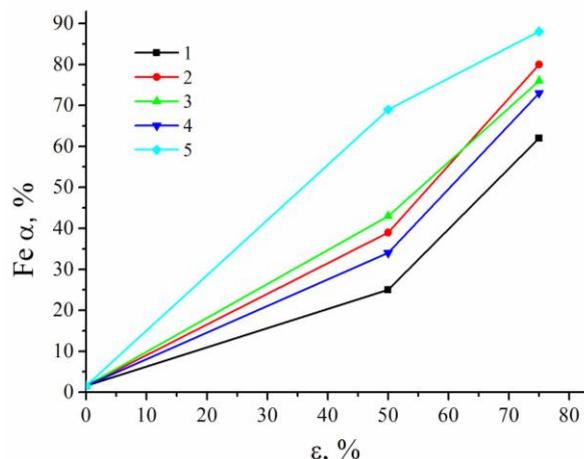


Рис. 1. Содержание α -фазы в зависимости от степени обжатия при прокатке для образцов без водорода (1) и после насыщения водородом по разным режимам: 2 – $j=10 \text{ mA/cm}^2$, 3 – $j=50 \text{ mA/cm}^2$, 4 – $j=100 \text{ mA/cm}^2$, 5 – $j=200 \text{ mA/cm}^2$. Время насыщения водородом 5 часов

Увеличение времени легирования водородом также приводит к росту объемной доли феррита после прокатки. На рис. 2 приведены кривые показывающие содержание α -фазы в зависимости от времени электролитического насыщения водородом и плотности тока. Максимальная доля феррита 98% была получена при наводороживании в течение 25 часов.

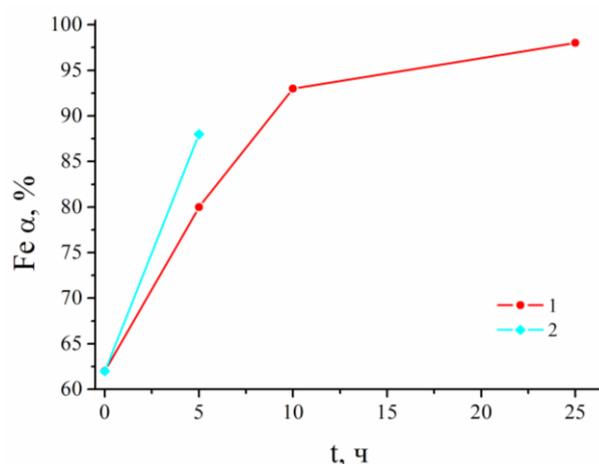


Рис. 2. Содержание α -фазы в зависимости от времени электролитического насыщения водородом и плотности тока: 1 – $j=10 \text{ mA/cm}^2$, 2 – $j=200 \text{ mA/cm}^2$. Пластическая деформация 75%, температура 300 К

Размеры ОКР и микродеформация кристаллической решетки для аустенита и

феррита слабо изменяются при введении водорода перед прокаткой при плотностях тока 10, 50, 100 mA/cm^2 , а при $j=200 \text{ mA/cm}^2$ увеличиваются. Параметр решетки как для γ -, так для α -фазы после прокатки, по сравнению с образцами без электролитического насыщения водородом, изменяется незначительно.

Дополнительное электролитическое насыщение образцов водородом перед пластической деформацией приводит к небольшому росту микротвердости и не зависит от режима наводороживания, (4,1 и 4,4 ГПа при $\epsilon=50\%$ и 75% соответственно).

Список литературы

1. Е.И. Купрекова, К.В. Климова, И.П. Чернов, Ю.В. Черданцев. Влияние водорода и рентгеновских квантов на механические свойства стали 12X18P10T // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2008, № 3, с 82–86.

Заключение

Проведенные исследования по влиянию прокатки на плоских валках, комбинированной с обратимым легированием водородом, на структурно-фазовые превращения в аустенитной нержавеющей стали X18H10T показали, что введение водорода перед прокаткой способствует наведенным деформацией γ - α и γ - ϵ мартенситным превращениям. Электролитическое насыщение водородом способствует увеличению α -фазы в стали X18H10T по сравнению с состоянием после прокатки без наводороживания. Этот эффект усиливается с увеличением времени и с повышением плотности тока. Анализ фазового состава образцов после электролитическом насыщении водородом и пластической деформации показал, что легирование водородом также способствует появлению в структуре стали ϵ -мартенсита.

Авторы работы выражают благодарность к.ф.-м.н. Захаровой Г.Г. и аспиранту Тукаевой М.С. за помощь в проведении исследований. Работа выполнена с использованием оборудования Томского материаловедческого центра коллективного пользования и Белгородского государственного университета. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (11-08-98019-r_sibir_a).

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОРИСТОГО ПЕРЛИТА ГИДРОКСИДОМ ЖЕЛЕЗА, С ЦЕЛЬЮ ПРИДАНИЯ ЕМУ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ, ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ МЫШЬЯКА ИЗ ВОДНЫХ СРЕД

Мосолков А. Ю., Мартемьянов Д. В., Мухортов Д. Н.

Научный руководитель: Журавков С. П., к.х.н., с.н.с. лаборатории
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: ornitolog99@gmail.com.

Введение

В последние годы всё чаще встаёт проблема загрязнения водных сред мышьяком [1]. Для решения данной проблемы, создаются различные виды сорбционных материалов, обладающих разными сорбционными свойствами [2-4]. Данная работа посвящена созданию новых видов материалов, посредством модификации вспученного перлита гидроксидом железа, при использовании золь-гель процесса. В публикации приводится определение физико-химических и сорбционных свойств полученных модифицированных материалов по сравнению со свойствами носителя.

Материалы и методы

Для получения новых видов материалов, нами был использован вспученный перлит как носитель. Посредством золь-гель процесса, проводилась модификация данного носителя гидроксидом железа. За счёт применения носителя с большим диаметром пор в виде вспученного перлита, полученные сорбенты обладают низким гидродинамическим сопротивлением. Из-за больших пор, при развитой активной поверхности сорбентов, с присутствием гидроксида железа в большем количестве, требуется меньшее время контакта с очищаемой средой, при очистке воды с высокими концентрациями мышьяка As (III).

Техническим результатом заявляемой группы изобретений является повышение эффективности очистки воды от ионов мышьяка As (III), повышенная ёмкость сорбента, за счет расширения площади эффективной поверхности.

Результатом являются сорбенты, содержащие соединения железа, как на поверхности, так и в порах носителя, что значительно увеличивает площадь активной поверхности продукта, и позволяет повысить количество активного компонента в продукте, практически, исключая при этом нахождение наночастиц в свободном состоянии.

На основе перлита было получено пять видов образцов, с различным содержанием гидроксида железа:

- № 1 (FeOOH – 55,5 %);
- № 2 (FeOOH – 58 %);
- № 3 (FeOOH – 60,7 %);
- № 4 (FeOOH – 69,5 %);
- № 5 (FeOOH – 73,3 %).

У полученных образцов были определены удельная поверхность и удельный объём пор:

- перлит (Суд. = 0,474 м²/г; Vуд. Пор = 0 см³/г.);
- № 1 (Суд. = 102,8857 м²/г; Vуд. Пор = 0,42358 см³/г.);
- № 2 (Суд. = 106,1855 м²/г; Vуд. Пор = 0,44206 см³/г.);
- № 3 (Суд. = 111,8009 м²/г; Vуд. Пор = 0,46289 см³/г.);
- № 4 (Суд. = 125,5129 м²/г; Vуд. Пор = 0,52881 см³/г.);
- № 5 (Суд. = 132,8219 м²/г; Vуд. Пор = 0,55814 см³/г.).

Из полученных результатов видно, что с увеличением гидроксида железа в образце, наблюдается увеличение удельной поверхности и удельного объёма пор полученного образца.

Результаты и их обсуждения

Для определения сорбционных характеристик полученных материалов, были проведены эксперименты по сорбции раствора, содержащего ионы мышьяка As (III). В таблице 1 приведены результаты сорбции ионов мышьяка As (III), из раствора приготовленного на дистиллированной воде, с использованием ГСО As (III). Процессы очистки проводились при осадительной сорбции, с перемешиванием на магнитной мешалке.

Как видно из таблицы 1, при увеличении содержания железосодержащего компонента в образце, степень извлечения ионов мышьяка As (III) из раствора возрастает.

Таблица 1. Сравнение сорбционных характеристик вспученного перлита и полученных на его основе сорбционных материалов, при очистке раствора, содержащего ионы мышьяка As (III).

Наименование сорбента	Время сорбции, мин.	Концентрация As в растворе до сорбции, мг/л	Концентрация As в растворе после сорбции, мг/л	Степень сорбции, %
Перлит	15	5	5	0
Перлит	150	5	4,42	11,6
1	15	5	1,39	72,2
1	150	5	0,092	98,16
2	15	5	1,17	76,6
2	150	5	0,0803	98,39
3	15	5	0,83	83,4
3	150	5	0,0502	98,99
4	15	5	0,52	89,6
4	150	5	0,0317	99,36
5	15	5	0,241	95,18
5	150	5	0,0196	99,6

Выводы

В результате проведённой работы, получены пять видов сорбционных материалов, с различным массовым содержанием гидроксида железа. Удалось модифицировать поверхность вспученного перлита, в результате закрепления на внешней и внутренней поверхности гидроксида железа. Были определены удельная поверхность и пористость полученных сорбентов. При тестировании полученных образцов материалов, исследование свойств воды проводилось согласно методу инверсионно-вольтамперометрического измерения концентрации мышьяка в водных средах (МУК 4.1.1510-03). Согласно приведённой методике испытаний, удалось получить сравнительные сорбционные характеристики по полученным образцам сорбентов и определить материалы, показавшие наиболее лучшую очистку водных растворов содержащих ионы мышьяка (III).

Список использованной литературы

1. Путилина, В. С. Поведение мышьяка в почвах, горных породах и подземных водах. Трансформация, адсорбция / десорбция, миграция : аналит. обзор / В. С. Путилина, И. В. Галицкая, Т. И. Юганова . – Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2011. – 249 с.
2. Пахолков В.С., Марков В.Ф., Гранулированная гидроокись железа ее физико-химические свойства и применение для очистки термальных и природных вод от мышьяка // Химия и технология неорганических сорбентов: Межвуз. сб.науч. тр. /Перм.политехн. ин-т. Пермь, 1980 г.,с.26-33.
3. Серова В.А. Коган В.И. Способы очистки сточных вод и технологических растворов от мышьяка. М. Цветинформация, 1977, с. 32.
4. Древесно-неорганический сорбент ДНС-1 (железа (III) гидроксид на гранулированной древесине)//Каталог-справочник "Неорганические сорбенты", Пермь, 1988, с. 49-50.

ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ СТАЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ВНЕВАКУУМНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКИ ПОРОШКОВОЙ СМЕСИ МОЛИБДЕНА С УГЛЕРОДОМ

Муль Д.О.

Научный руководитель: Батаев А.А., д.т.н., профессор
Новосибирский государственный технический университет,
630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20
E-mail: ddariol@yandex.ru

Элементы реальных конструкций эксплуатируются в условиях динамического, статического и усталостного нагружения. Поэтому современные конструкционные материалы должны обладать высокими показателями прочности и трещиностойкости. Металлургической промышленностью предложено огромное количество сталей с такими свойствами. Однако, в ряде случаев требуется, чтобы детали конструкций обладали повышенной износостойкостью. Эту задачу можно решить поверхностным упрочнением.

В целях повышения износостойкости применяют различные методы поверхностного легирования материалов: плазменное напыление покрытий, ионная имплантация, азотирование, борирование [1-2] и др. Но эти методы имеют ряд недостатков – малая толщина покрытия и переходного слоя. Зачастую в условиях усталостного нагружения или при скручивании основы происходит отслоение покрытия.

Устранить этих недостатки и улучшить свойства поверхности металлических сплавов, в частности сталей, позволяет легирование поверхности материала порошковыми смесями с использованием высокоэнергетических источников тепла, таких как лазерный луч и электронный пучок [3-4]. Этот метод не только позволяет создавать новые материалы с превосходными свойствами, но и снизить себестоимость продукции.

Наиболее перспективным является метод высокоэнергетической электронно-лучевой наплавки. При облучении поверхности материала пучком релятивистских электронов, высокая кинетическая энергия электронов во время удара о решетку материала основы трансформируется в тепловую энергию. Эта энергия расплавляет и нагревает до высоких температур поверхностный слой металлической основы. В результате этого поверхностный слой металлической основы за короткий промежуток времени нагревается до высоких температур, происходит его частичное оплавление и смешивание с наплавляемым материалом. Благодаря отводу тепла в металл основы, процесс охлаждения и затвердевание также занимает секунды. Таким образом, можно достичь требуемых высоких свойств поверхности, сохраняя при этом свойства основы.

Метод поверхностного легирования с использованием высокоэнергетического электронного луча имеет ряд преимуществ:

- 1) достигается высокая прочность соединения покрытия с основным металлом;
- 2) существует малая вероятность формирования пор и трещин ввиду равномерного нагрева и охлаждения в процессе наплавки;
- 3) существует возможность непрерывной обработки крупногабаритных конструкций или их частей.

В качестве легирующих порошков часто используют TiC, WC, Cr₃C₂, Al₂O₃, SiC, VC. Такие химические соединения обладают высокой устойчивостью к теплу, коррозии и износу поверхности. Карбид молибдена по химическим свойствам близок к карбиду вольфрама. Он обладает также высокой твердостью, но его стоимость существенно ниже. Цель нашего исследования – повышение износостойкости поверхности конструкционной стали 40X посредством вневакуумной электронно-лучевой наплавки смеси порошков молибдена и углеродом.

На металлические пластины из стали 40X равномерно наносили порошковую смесь из молибдена (50,7 % вес.), углерода (9,3 % вес.) и флюса – CaF₂ (40 % вес.). Плотность насыпки смеси составляла 0,33 г/см². Покрытия были изготовлены методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки в сканирующем режиме в Институте ядерной физики СО РАН на промышленном ускорителе электронов ЭЛВ-6. Параметры обработки представлены в таблице.

Таблица. Параметры вневакуумной электронно-лучевой наплавки.

Энергия электронного пучка	1,4 МэВ
Сила тока	25 мА
Частота развертки электронного пучка	50 Гц
Расстояние от выпускного окна до поверхности образца	90 мм
Скорость перемещения образца относительно пучка	10 мм/с
Диаметр пучка	12 мм

Полученное при наплавке покрытие толщиной 19 мм не имеет трещин или пор. Под покрытием расположена зона термического. Ее толщина

~13 мм. Ниже зоны термического влияния расположен основной металл.

Проведенные металлографические исследования показали, что по всему объему наплавленного слоя наблюдается равномерно распределенная фаза, имеющая дендритное строение. Предположительно речь идет о карбидах молибдена (рис. 1 - а). Исследование на большом увеличении позволило выявить в этих зернах мартенсит (рис. 1 - б). Между дендритами расположена эвтектика губчатого строения. Рентгено-фазовый анализ подтвердил наличие в покрытии карбидов типа Mo_2C и $\text{Fe}_{11}\text{Mo}_6\text{C}_5$.

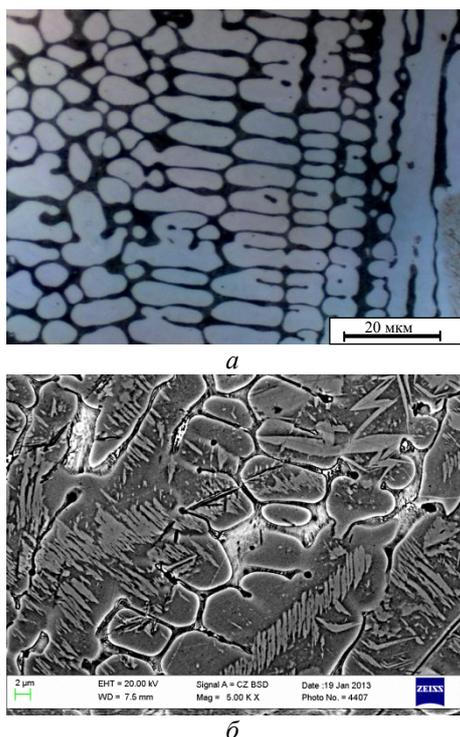


Рис. 1. Микроструктура покрытия, полученная а) оптическим микроскопом, б) растровым электронным микроскопом

Результаты измерений микротвердости наплавленных образцов представлены на рис. 2. Микротвердость покрытия (темно серая область на графике) выше микротвердости основного металла в 3 - 3,5 раза и составляет 630 МПа. Микротвердость зоны термического воздействия (светло серая область) составляет от 3000 до 4500 МПа.

На рис. 3 представлена относительная износостойкость покрытия, полученного вневакуумной электронно-лучевой наплавкой порошковой смеси молибдена и углерода.

Износостойкость такого покрытия выше износостойкости металла основы в 2 раза и не уступает значению износостойкости цементованной стали 20 и закаленной стали 40Х.

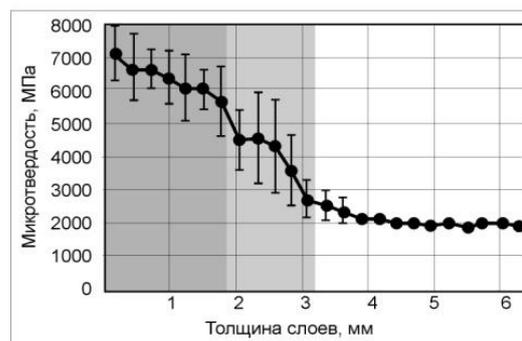


Рис. 2. Распределение микротвердости по глубине слоя, сформированного методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки

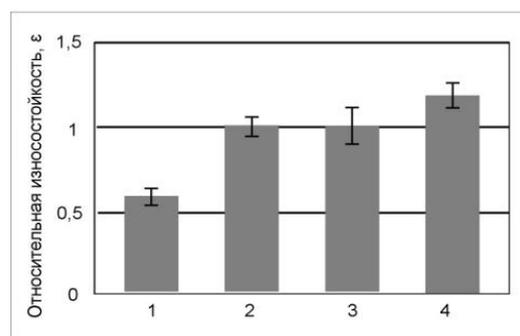


Рис. 3. Износостойкость при трении о закрепленные частицы абразива: 1 – основы (сталь 40Х после отжига), 2 – стали 40Х после закалки и низкого отпуска, 3 - стали 20 после цементации, 4 – полученного покрытия из молибдена и углерода на стали 40Х после вневакуумной электронно-лучевой наплавки

Выводы

Вневакуумная электронно-лучевая наплавка смеси порошков молибдена с углеродом позволяет получать качественные покрытия с повышенными значениями твердости и износостойкости.

Список литературы:

1. Степанова Т.Ю. Технологии поверхностного упрочнения деталей машин // учебное пособие/ Т.Ю. Степанова; Иван. - гос. хим.-технол. ун-т.-Иваново, 2009. - 64 с.
2. Упрочняющие защитные покрытия в машиностроении - Б.Н. Гузанов, С.В. Косицын, Н.Б. Пугачева; - УрО РАН, Екатеринбург, 2003. - 244 с.
3. Формирование упрочняющих покрытий методом наплавки в пучке релятивистских электронов / И. М. Полетика, М. Г. Голковский, М. Д. Борисов, и др. // Физика и химия обработки материалов. 2005. – № 5. – С. 29–41.
4. Phase constituents and microstructure of laser synthesized $\text{TiB}_2\text{-TiC}$ reinforced composite coating on steel / Baoshuai Du, Sameer R. Paitala, Narendra B. Dahotre // Scripta Materialia. 2008. - № 59. – P. 1147-1150.

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРОВ НА СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Нгуен Суан Тьук, С.В. Панин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Институт физики высоких технологий

Кафедра материаловедения в машиностроении

Email: thuc12@sibmail.com

Введение

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) в ряду полимерных связующих занимает особое место благодаря высокому сопротивлению изнашиванию, низкому коэффициенту трения, химической стойкости и высокой ударной вязкости СВМПЭ все чаще используется в машиностроении в узлах трения деталей машин и механизмов. Основной проблемой при разработке СВМПЭ является низкая адгезионная способность [1,2].

Поиск путей повышения технологических свойств СВМПЭ без заметного снижения его механико-триботехнических характеристик является актуальной научно-технической проблемой.

В данной работе сделана попытка повышения адгезионных свойств СВМПЭ к модификаторам путем введения полиэтилена низкого давления, привитого стиролом малеинового ангидрида (ПЭНД-прив-СМА), полиэтилена низкого давления, привитого винилтриметоксисилоном (ПЭНД-прив-ВТМС), наночастиц Al_2O_3 и микрочастиц $AlO(OH)$ его основе антифрикционных композитов.

Материал и методики исследований

В работе использовали СВМПЭ фирмы Ticona (GUR-2122) молекулярной массой 4,0 млн. и размером частиц 5-15 мкм, наночастиц Al_2O_3 с размером 5-10 нм, порошок $AlO(OH)$ с размером 2-3 мкм, ПЭНД-прив-СМА и ПЭНД-прив-ВТМС. Образцы полимерных композитов получали горячим прессованием при давлении 10 МПа и температуре 200°C со скоростью последующего охлаждения 3-4°C/мин. Перемешивание порошков полимерного смеси СВМПЭ и наполнителей проводили в планетарной шаровой мельнице MP/0,5*4 с предварительным диспергированием компонент в ультразвуковой ванне.

Определение твердости по Шору Д проводили с помощью прибора «Instron 902». Надмолекулярная структура получена с помощью растрового электронного микроскопа LEO EVO 50, Zeiss. Абразивное испытание проводили на машину МИ-2, использованы шкурки № 240 и № 1000. Шероховатость поверхности образцов после испытания определена с прибором оптического профилометра Zygo New View 6200. Механические свойства проводились с помощью

электромеханической испытательной машины «Instron 5582».

Результаты исследований.

В данной работе исследовали механические и абразивные свойства композиций СВМПЭ с различным содержанием введенных.

Зависимость потери объема образцов от времени (при шкурке №240) приведена на рис. 1

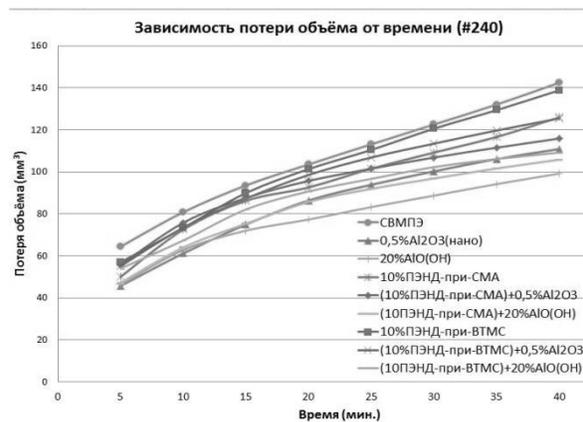


Рисунок 1. Зависимость потери объема образцов от времени испытания

Из графика следует, что при добавлении Al_2O_3 , $AlO(OH)$ и модификаторов (ПЭНД-прив-СМА и ПЭНД-прив-ВТМС) интенсивность СВМПЭ уменьшается.

Абразивная интенсивность изнашивания образцов в виде соответствующей диаграммы изображена на рис. 2.

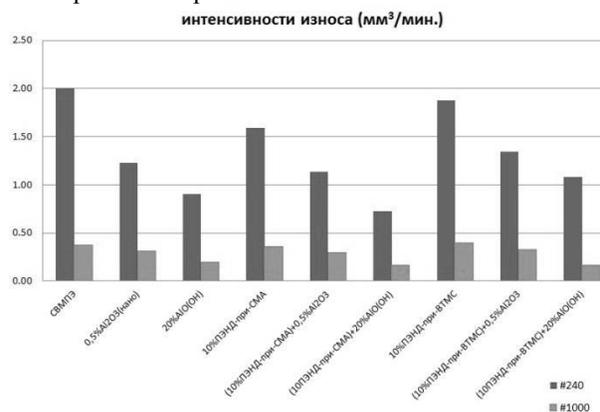


Рис. 2. Интенсивность изнашивания образцов

Из диаграммы видно, что при добавлении 20 мас. % $AlO(OH)$ в (СВМПЭ+10 мас. % ПЭНД-прив-СМА), износостойкость повышается к максимальному значению (2,8 раза).

В табл. 1 приведены механические характеристики СВМПЭ с разными наполнителями. В результате исследований оказалось, что твёрдость СВМПЭ при добавлении $AlO(OH)$ повышается немного, другие композиции незначительно изменяются.

Таблица 1 - Механические свойства СВМПЭ с добавкой наполнителей.

Материал	Плотность г/мм ³	Твёрдость по Шору Д	Предел прочности МПа	Удлинение, %
СВМПЭ	0.93	55,42	29.8	384.2
0,5% Al_2O_3 (нано)	0.94	56.6	33.1	380.1
20% $AlO(OH)$	1.078	58,9	33.3	391.6
10%ПЭНД- при-СМА	0,94	54.9	27.6	349.2
10%ПЭНД- при-СМА +0,5% Al_2O_3	0,94	55.2	30	408.5
10ПЭНД- при-СМА+ 20% $AlO(OH)$	1.071	59	29.9	406.5
10%ПЭНД- при-ВТМС	0.94	55.3	26.2	377
10%ПЭНД- при-ВТМС +0,5% Al_2O_3	0.94	54.5	27.8	379.4
10ПЭНД- при-ВТМС + 20% $AlO(OH)$	1.09	58.3	30.6	435.3

Предел прочности СВМПЭ при введении 10 мас. % ПЭНД-прив-СМА и 10 мас. % ПЭНД-прив-ВТМС немного уменьшается, для остальных новых композиций, предел прочности несущественно изменяется при введении модификаторов.

Зависимость предела прочности и удлинения СВМПЭ от содержания наполнителей в виде диаграммы показана на рис. 3.

С добавкой наполнителя удлинение СВМПЭ изменяется незначительно. При введении 20 мас. % $AlO(OH)$ в (СВМПЭ+10 мас. % ПЭНД-прив-ВТМС), удлинение повышается до 435 %.

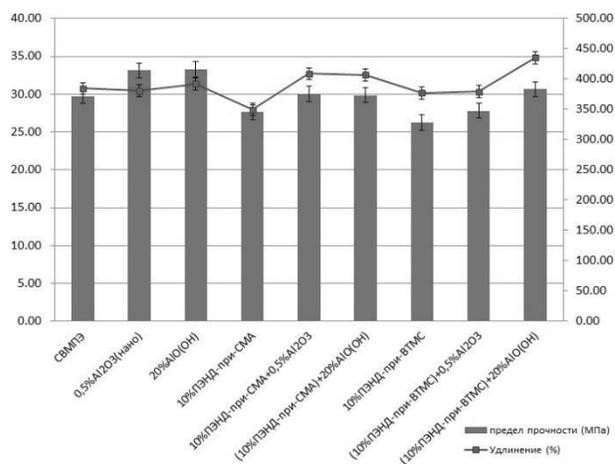


Рис. 3. Зависимость предела прочности и удлинения от содержания наполнителей.

Заключение.

На основе сравнения полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Наполнение Al_2O_3 , $AlO(OH)$ и модификаторов (ПЭНД-прив-СМА и ПЭНД-прив-ВТМС интенсивность СВМПЭ) в матрицу из СВМПЭ позволяет повысить абразивную износостойкость в 2,8 раза. При введении 20 мас. % $AlO(OH)$ в (СВМПЭ+10 мас. % ПЭНД-прив-СМА) приводит к повышению износостойкости.

2. При добавлении наполнителей, предел прочности и удлинение СВМПЭ незначительно изменяется, добавление 10 мас. % ПЭНД-прив-СМА и 10 мас. % ПЭНД-прив-ВТМС, предел прочности СВМПЭ немного уменьшается. При введении 20 мас. % $AlO(OH)$ в (СВМПЭ+10 мас. % ПЭНД-прив-ВТМС), удлинение повышается до 435 %.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука».

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. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учебн. пособие/ Кербер М.Л., Виноградов В.М., Головкин Г.С. и др., под ред. А.А. Берлина.- СПб.: Профессия, 2008.- 560 с.
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.

ИЗМЕНЕНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВМПЭ ПРИ НАПОЛНЕНИИ ПОЛИПРОПИЛЕНА

Нгуен Суан Тьук, С.В. Панин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Институт физики высоких технологий

Кафедра материаловедения в машиностроении

Email: thuc12@sibmail.com

Введение

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ), обладая приемлемыми характеристиками прочности, а также низким коэффициентом трения, высокой износостойкостью и химической стойкостью в агрессивных средах, используется для изготовления узлов трения машин и механизмов [1, 2]. Однако, в силу высокой длины полимерных цепей он имеет крайне низкий показатель текучести расплава (ПТР - 0.04 г/10 мин), что не позволяет перерабатывать порошковый СВМПЭ традиционными для конструкционных пластиков методами. Поиск путей повышения технологических свойств СВМПЭ без заметного снижения его механико-триботехнических характеристик является актуальной научно-технической проблемой.

В данной работе сделана попытка повышения адгезионных свойств СВМПЭ к наполнителям путем введения полипропилена (ПП), в целях создания на его основе антифрикционных композитов.

Материал и методики исследований

В работе использовали СВМПЭ фирмы Ticona (GUR-2122) молекулярной массой 4,0 млн. и размером частиц 5-15 мкм, полипропилен марки ПП-21007 (ГОСТ 26996-86) с размером порошка 80-200 мкм. Образцы полимерных композитов получали горячим прессованием при давлении 10 МПа и температуре 200°C со скоростью последующего охлаждения 3-4°C/мин. Перемешивание порошков полимерного смеси СВМПЭ и наполнителей (полипропилена) проводили в планетарной шаровой мельнице MP/0,5*4 с предварительным диспергированием компонент в ультразвуковой ванне. Оценку удельного давления экструдирования порошковых смесей проводили на плунжерном (поршневом) лабораторном экструдере UE-MSL.

Определение твердости по Шору Д проводили с помощью прибора «Instron 902». 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 «Rhinceros, v 3». Механические свойства проводились с помощью разрывной машины «Instron 5582».

Результаты исследований.

В данной работе исследовали механические и триботехнические свойства композиций СВМПЭ с различным содержанием введенных в исходный порошковый полипропилен.

Зависимость площади дорожек трения от времени испытания приведена на рис. 1.

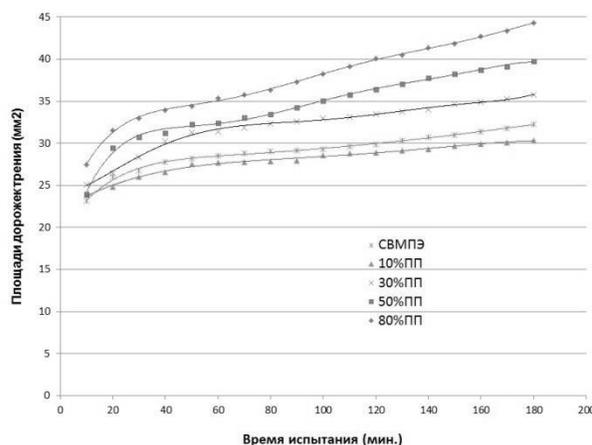


Рисунок 1. Зависимость площади дорожек трения от времени испытаний

Из графика следует, что площадь дорожек трения и интенсивность изнашивания образцов увеличиваются резко при большем содержании ПП.

Интенсивность изнашивания образцов в виде соответствующей диаграммы изображена на рис. 2.

Из рисунка видно, что при добавлении 10 мас. % ПП в матрицу из СВМПЭ, износостойкость повышается, кроме этого она снижается.

В табл. 1 приведены механические характеристики СВМПЭ с различным содержанием ПП. В результате исследований оказалось, что твердость такой композиции повышается

существенно с увеличением содержания наполнителя.

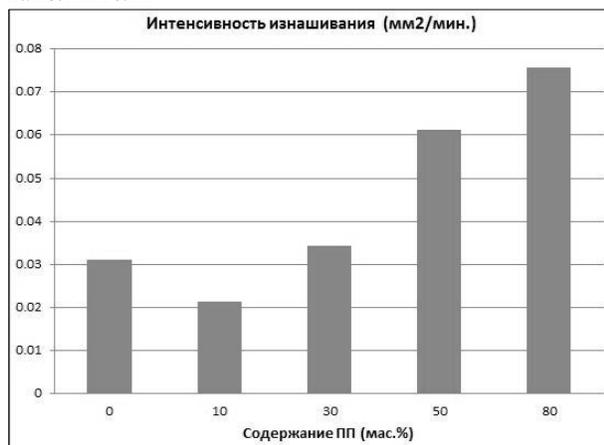


Рис. 2. Интенсивность изнашивания образцов при введении ПП

Таблица 1 - Механические свойства СВМПЭ с добавкой ПП

Материал	Плотность г/мм ³	Твёрдость по Шору Д	Предел прочности МПа	Удлинение, %
СВМПЭ	0.937	55,6	30,9	389,8
СВМПЭ + 10 % ПП	0.934	57,5	24,7	205,7
СВМПЭ + 30 % ПП	0,94	58,9	22,4	35,8
СВМПЭ + 50 % ПП	0,92	60,5	23,4	26,1
СВМПЭ + 80 % ПП	0,915	65,4	27,1	18

Предел прочности снижается резко при содержании до 30 мас. % ПП, при введении 80 мас. % ПП он незначительно изменяется.

Зависимость удлинения и предела прочности от содержания ПП в виде диаграммы показана на рис. 3 и на рис. 4.

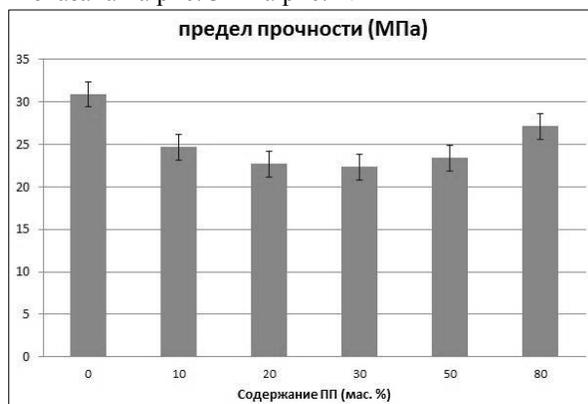


Рис. 3. Зависимость предела прочности от содержания ПП.

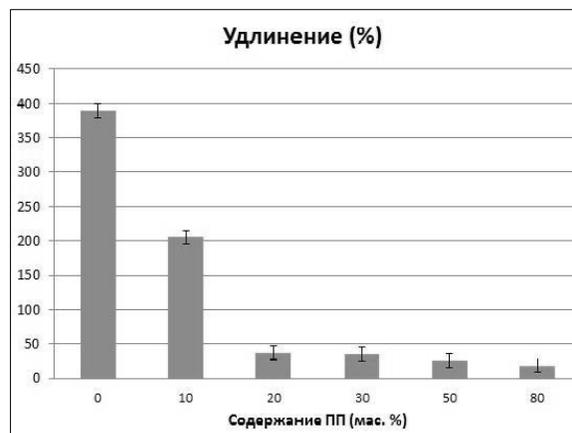


Рис. 4. Зависимость и удлинения от содержания ПП.

С добавкой наполнителя удлинение СВМПЭ снижается значительно с увеличением содержания ПП. При введении 80 мас.% ПП, удлинение снижается до 18 %.

Заключение.

На основе сравнения полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Добавление ПП в матрицу из СВМПЭ с большим содержанием не позволяет повысить износостойкость. При добавлении 10 мас. % наполнителя приводит к повышению износостойкости в 1,5 раза.

2. При введении ПП, предел прочности СВМПЭ снижается, с содержанием 30 мас. % наполнителя он резко снижается и при введении 80 мас. % наполнителя он незначительно изменяется. Удлинение СВМПЭ снижается значительно с увеличением содержанием ПП, при введении 80 мас. % ПП, оно снижается до 18 %.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука».

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. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учебн. пособие/ Кербер М.Л., Виноградов В.М., Головкин Г.С. и др., под ред. А.А. Берлина.- СПб.: Профессия, 2008.- 560 с.
3. Прут Э.В., Зеленецкий А.Н. Химическая модификация и смешение полимеров в экструдере-реакторе // Успехи химии.- 2001 (70), №1, 72-87.
4. 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 УПРАВЛЕНИЯ ДИСПЕРСНОСТЬЮ НАНОДИСПЕРСНОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ ПРИ ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ

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 вызывает интерес у исследователей уже более века с момента первого успешного искусственного синтеза благодаря наличию целого спектра физических свойств. Особенности перспективы карбида кремния связаны с применением его электрофизических характеристик (широкая запрещенная зона 2,2-3 эВ, высокая допустимая напряженность электрического поля и температура Дебая), позволяющих создавать на его основе устройства высокочастотной, быстродействующей, стойкой к различным видам внешнего воздействия (в том числе радиационного, теплового и механического) полупроводниковой техники [1, 2]. Кроме того, высока актуальность синтеза наноразмерного карбида кремния [3, 4].

В статье [5] была доказана возможность плазмодинамического синтеза карбида кремния. В настоящей работе приводятся результаты синтеза ультрадисперсного карбида кремния при воздействии плазменной углерод-кремниевой струи сверхзвуковой скорости на медную преграду и анализируется фазовый и гранулометрический состав продукта при различных уровнях подведенной к системе энергии. Высокоскоростная плазменная струя генерировалась коаксиальным магнитоплазменным ускорителем (КМПУ) с графитовыми электродами [6].

Электропитание магнитоплазменного ускорителя при проведении экспериментов осуществлялось от емкостного накопителя энергии с емкостью конденсатора $C=6$ мФ. В каждом из проведенных экспериментов изменялось значение подведенной к КМПУ энергии за счет уменьшения зарядного напряжения накопителя $U_{зар}$ от 3,5 кВ до 2,0 кВ с шагом в 0,5 кВ. Таким образом, было проведено 4 опыта при уменьшении накопленной энергии от 36,75 кДж до 12 кДж. При зарядном напряжении $U_{зар}=3,0$ кВ основные параметры импульса тока длительностью 300 мкс составили: амплитуда тока $I_m=101$ кА, максимальное напряжение на электродах КМПУ $U_m=1,16$ кВ, мощность разряда $P_m=115$ МВт, подведенная энергия $W=19$ кДж.

Прекурсором при проведении опыта являлась смесь углерода (сажи) и кристаллического кремния массой ~1 г, которая закладывалась в область формирования плазменной структуры. При воздействии плазменной струи, вылетающей из ускорительного канала (УК) длиной $l_{УК}=160$ мм со сверхзвуковой скоростью [7], на медную преграду, находящуюся на расстоянии $l_{с-м}=23$ мм от УК, в атмосфере аргона происходит синтез ультрадисперсного продукта (УДП) массой ~1 г. Сбор порошка происходит после окончательного его оса-

ждения на стенки камеры-реактора и медную преграду. Исходные условия экспериментов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Исходные параметры экспериментов

Параметр	Номер эксперимента			
	1	2	3	4
Напряжение, кВ	3,5	3,0	2,5	2,0
Емкость, мФ	6	6	6	6
Накопленная энергия, кДж	36,80	27,00	18,75	12,00
Подведенная энергия, кДж	29,70	19,00	13,00	10,50

Собранный в каждом из экспериментов УДП был исследован без предварительной обработки методами рентгеновской дифрактометрии. Типичная дифрактограмма УДП, полученного в эксперименте № 1, снятая на дифрактометре Shimadzu XRD6000 (CuK α -излучение), приведена на рисунке 1. Совокупность когерентных рефлексов различной интенсивности на дифрактограмме свидетельствует о присутствии в составе продукта нескольких кристаллических фаз: кубического карбида кремния β -SiC, кубического кремния cSi, графита gC, углеродных луковичных структур C (Onions).

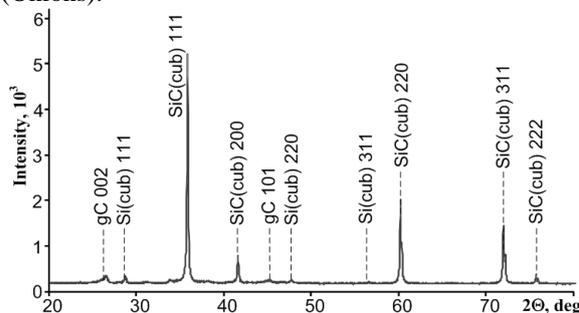


Рис. 1. Рентгеновская дифрактограмма УДП

Каждый порошкообразный продукт был исследован методом просвечивающей электронной микроскопии. На рис. 2 приведены ТЕМ-снимки, полученные с помощью просвечивающего электронного микроскопа Phillips CM 12, расположенные в порядке увеличения энергии. Каждому микроснимку скопления соответствует картина дифракции на выделенной области с обозначенными на ней рефлексами фазы карбида кремния кубической сингонии. Следует указать, что на картинах дифракции ярко выражены те же самые 4 наиболее интенсивных рефлекса, что и на рентгеновской дифрактограмме – (111), (200), (220), (311). В статье [5, 8, 9, 10] подчеркивалось, что кристаллиты SiC имеют форму ограниченных частиц, чаще всего треугольнообразной формы. На микрофотографиях видно, что преимущественно в продуктах синтеза содержатся именно такие частицы, кроме

которых также есть мелкие частицы (размером до десятков нанометров), являющиеся, по-видимому, непрореагировавшими материалами прекурсоров.

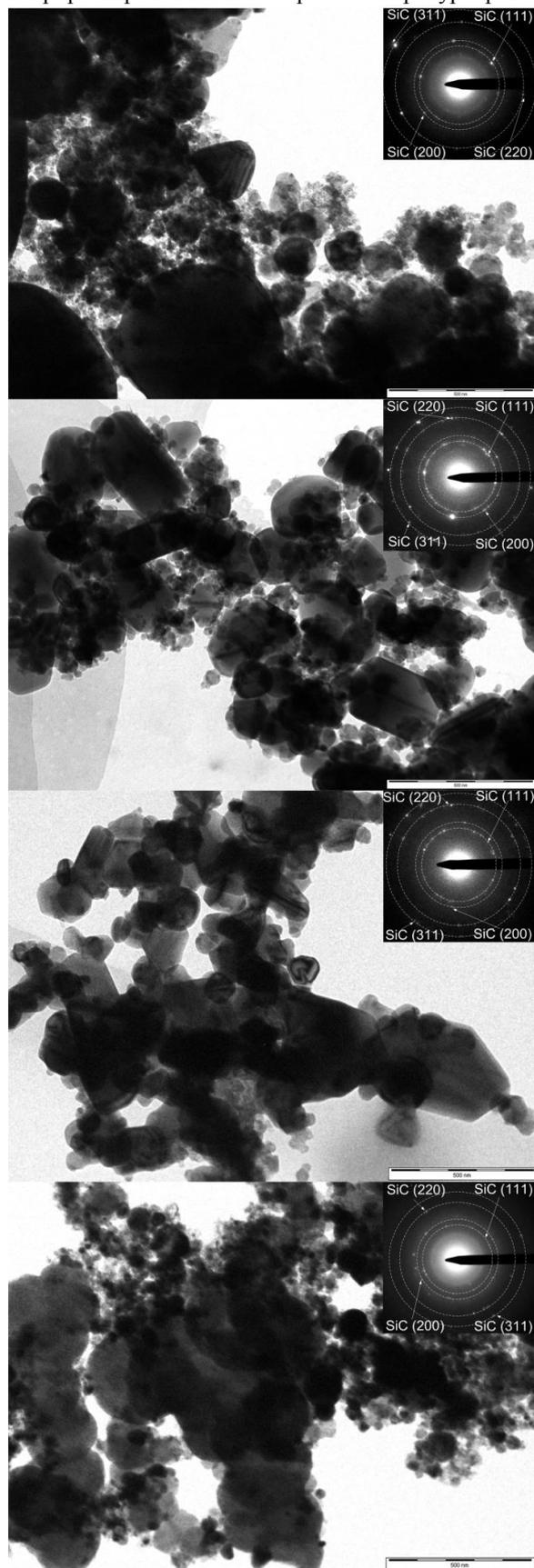


Рис. 2 ТЕМ-снимки продуктов синтеза

По визуальному сравнению приведенных микроснимков возможно заметить, что кристаллиты карбида кремния в целом уменьшаются в размерах со снижением подведенной к ускорителю энергии, примерно в два раза. Кроме того, в опыте с максимальной энергией были обнаружены частицы размерами до 1 мкм.

Таким образом, по совокупности приведенных в статье данных можно утверждать, что методом плазодинамического синтеза при различных уровнях подведенной к ускорителю энергии получены образцы ультрадисперсного продукта с высоким содержанием нанодисперсного карбида кремния. По результатам исследования продукта методами XRD и ТЕМ удалось выяснить, что управление гранулометрическим составом продукта возможно осуществить с помощью изменения уровня подведенной к ускорителю энергии: рост энергии влечет за собой увеличение содержания в продукте карбида кремния и рост его кристаллов.

1. Лучинин В., Таиров Ю. Карбид кремния – алмазоподобный материал с управляемыми наноструктурно-зависимыми свойствами // Наноиндустрия. – 2010. – Вып. 1. – С. 36-39.

2. Лебедев А., Сбруев С. SiC-электроника. Прошлое, настоящее, будущее // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2006. – № 5. – С. 28-41.

3. Андриевский Р.А. Наноразмерный карбид кремния: синтез, структура, свойства. // Успехи химии. - 2009. – № 78 (9). – С.889-900.

4. Wesch W. Silicon carbide: synthesis and processing // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. - 1996. - V.116. - P.305-321.

5. Сивков А.А., Никитин Д.С., Пак А.Я., Рахматуллин И.А. Прямой плазодинамический синтез ультрадисперсного карбида кремния // Письма в ЖТФ. – 2013. – Том 39, вып. 2. – С. 15-20.

6. Патент РФ № 2431947 Коаксиальный магнитоплазменный ускоритель / Сивков А.А., Пак А.Я. Приоритет от 30.04.2010.

7. Сивков А.А. и др. Математическое моделирование коаксиального магнитоплазменного ускорителя. // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. – 2010. – т.3-4/1. – С.3-13.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

НАКОПЛЕНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДА В СПЛАВЕ ВТ1-0 ПРИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОМ МЕТОДЕ НАСЫЩЕНИЯ

Николаева А.Н., Харченко С.Ю., Кудияров В.Н.

Научный руководитель: Пушилина Н.С., к.ф.-м.н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: aleksandra.nikolayeva@gmail.com

Титановые сплавы широко используются в химической, автомобильной, авиационной и биомедицинской промышленности благодаря уникальному сочетанию таких их свойств, как биосовместимость, устойчивость к коррозии и высокая удельная сила [1]. Водород, растворяясь в титане в ходе плавки, разливки, при электрохимических и других процессах, является одной из причин появления дефектов, трещин, ухудшения эксплуатационных свойств [2, 3]. При этом, растворение водорода в металле характеризуется его неравномерным распределением от поверхности к объему. Этим неравномерным распределением и объясняется различная степень разрушения материала на поверхности и в объеме. На градиент концентрации водорода в материале могут оказывать влияние такие факторы как условия обработки поверхности, температура эксплуатации, количество дефектов и т.д. Целью настоящей работы являлось исследование накопления и распределения водорода в титановых сплавах в зависимости от времени наводороживания.

В качестве материала исследований был выбран титановый сплав ВТ1-0. Размеры образцов составили $10 \times 10 \times 1$ мм. Образцы механически шлифовались и полировались для выравнивания поверхности и удаления различных повреждений. Для снятия поверхностных напряжений образцы отжигались в вакууме при температуре 600°C в течение 60 минут. Процесс электролитического насыщения осуществлялся в $1\text{M H}_2\text{SO}_4$ при комнатной температуре, силе тока $0,45\text{ A}$ при времени насыщения от 60 до 600 минут.

Содержание водорода в образцах до и после насыщения измерялось на газоанализаторе водорода RHEN602 фирмы LECO. Распределение водорода исследовалось методом оптической спектроскопии высокочастотного тлеющего разряда (RF-GD-OES). Данный метод является единственной технологией, которая предоставляет возможность быстрого анализа композиционного состава поверхностных слоев и внутренней структуры с высокой чувствительностью ко всем элементам (в том числе газообразным) [5]. Структурно-фазовое состояние исследовалось методами рентгеноструктурного анализа и растровой электронной микроскопии.

Результаты по определению содержания водорода представлены на рисунке 1. Как видно, при увеличении времени насыщения концентрация водорода в объеме образцов увеличивается. За первые сто минут наблюдается

линейная зависимость содержания водорода в материале от времени насыщения. На данном временном этапе происходит накопление водорода в пустотах кристаллической решетки, в вакансиях и в других дефектах [3]. Далее происходит процесс образования гидридов титана [4], что подтверждается данными рентгеноструктурного анализа (рисунок 2).

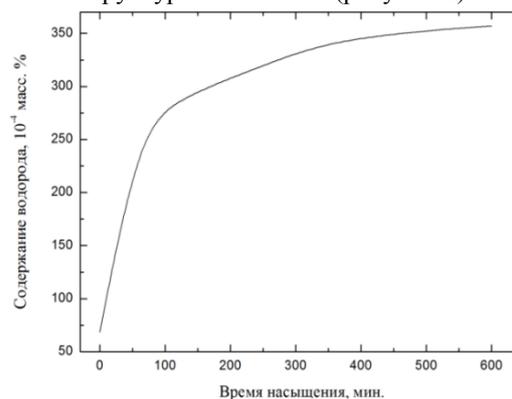


Рис. 1. Зависимость содержания водорода от времени насыщения

С увеличением времени наводороживания зависимость концентрации водорода от времени выходит на насыщение. Это обусловлено ростом гидридной фазы, препятствующей проникновению водорода [4], поскольку коэффициент диффузии водорода в гидридах меньше, чем в основном материале. Таким образом, при комнатной температуре водород не проникает вглубь образца и накапливается в приповерхностном слое, образуя соединения TiH_2 .

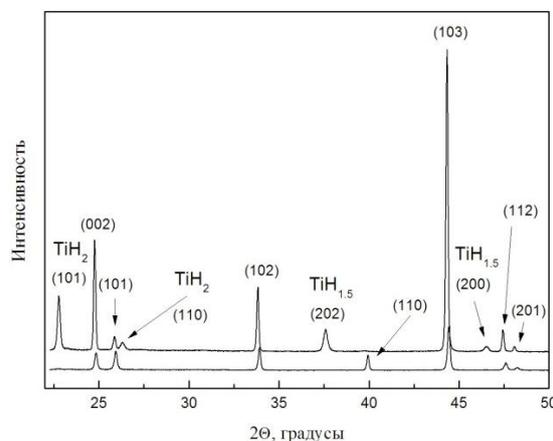


Рис. 2. Дифрактограммы образцов титана до (1) и после (2) электролитического насыщения в течение 360 мин

Узвядзенне таўшыні гідрыднага слоя з узвядзеннем часу насышэння падтвэрдыцца вынікамі даследавання профіляў распаўсюлення вадарода пасля наводарожвання (рысунок 3).

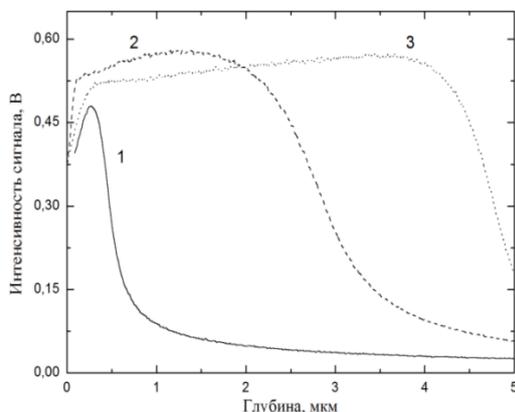


Рис.3. Профили распределения водорода в образцах титанового сплава после электролитического насыщения в течение: 1 - 60 мин., 2 - 360 мин., 3 - 600 мин.

Так як выдзяленне гідрыда вызывае павелічэнне аб'ёму да 15 – 21 %, то большыя сцімаючыя напружэнні, індукіраваныя ў матрыцы, забяспечваюць асноўны ўклад у вадародную хрупкасць [7]. У працэсе электролізу вадарод, пранікаючы ў метал, скаптваецца на паверхні. Для такога гідрыдааўтвараючага канструкцыйнага матэрыяла як титан, гэта прыводзіць да аўтвараючы в тонкай паверхнявым слое хрупкіх гідрыдных фаз [2], што вызывае растрэсківанне паверхні. У выніку назіраецца растрэсківанне паверхні сплава ВТ1-0 (рысунок 4).

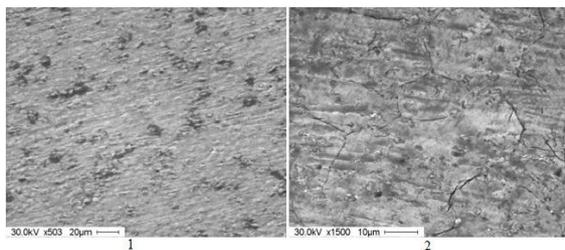


Рис.4. Результаты микроскопических исследований образцов: 1 – исходный образец; 2 – после электролитического насыщения в течение 360 мин.

У выніку выкананай работы па даследаванні заканамернасцей ўзаемаўздзеяння вадарода з титанавым ВТ1-0 пры насышэнні вадародам электролітычным метадом могуць быць зроблены наступныя высновы:

1. Электролітычнае насышэнне пры камнатнай тэмпературы прыводзіць да назаплення вадарода ў прыпаверхнявым слое (~ 5 мкм)

образцаў. Із-за нізкага каэфіцыента дыфузіі вадарода пры камнатнай тэмпературы адбываецца аўтвараючы гідрыдных фаз з титанам і далейшае пранікненне вадарода ў аўтвараючы зладуецца із-за нізкай праніцаемасці гідрыда для вадарода. Узвядзенне часу насышэння прыводзіць да росту таўшыні гідрыднага слоя.

2. Аўтвараючы гідрыда прыводзіць да растрэсківанню паверхні. Гэта звязана з тым, што выдзяленне гідрыда вызывае павелічэнне аб'ёму і, як следства, п'яўленне сцімаючых напружэнняў ў матрыцы.

Полученныя вынікі па даследаванні заканамернасцей ўзаемаўздзеяння вадарода з титанавым сплавам ВТ1-0 пры электролітычным насышэнні вадародам нашлі шырокае прымяненне пры падрыхтоўцы мадэльных аўтвараючы для стварэння метадў па абароне канструкцыйных матэрыялаў ад пранікнення вадарода.

Спісок літэратуры

1. Тростянская Е.Б. Новыя матэрыялы ў тэхніцы. - М.: Гостоптэхіздат, 1962. - 656 с.
2. Elias R.J.; Corso H.L.; Gervasoni J.L. Fundamental aspects of the Ti-H system: theoretical and experimental behavior // International Journal of Hydrogen Energy. - 2002. - Т.27 - Р.91-97.
3. Гельд П. В., Рябов Р. А., Кодес Е. С. Вадарод і несовершенство структуры металла. - М.: Металлургия, 1979. - 221 с.
4. Колачев Б. А., Ливанов В. А., Буханова А. А. Механические свойства титана и его сплавов. - М.: Металлургия, 1974. - 544 с.
5. Шапон П. Определение общего содержания элементов и анализ слоев с помощью оптической спектроскопии высокочастотного тлеющего разряда // Аналитика и контроль. - 2007. - Т. 11. - № 1 - С.46-51.
6. Xu J. J., Cheung H. Y., Shi S. Q. Mechanical properties of titanium hydride // Journal of Alloys and Compounds. - 2007. - №.436 - P.82-85.
7. Yan L., Ramamurthy S., Noel J.J. Hydrogen absorption into alpha titanium in acidic solutions // ElectrochimicaActa. - 2006. - Т.52. - №53 - P. 1169-1181.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДО-ФАЗОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СМЕСИ $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ТГ/ДСК МЕТОДОМ

Николаев Е.В., Лысенко Е.Н.

Научный руководитель: Лысенко Е.Н., к.ф.-м.н, зав. лаб.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: lysenkoen@tpu.ru

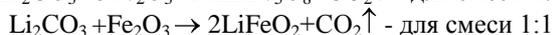
Введение

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 настоящем разделе работы приводятся результаты исследования взаимодействий в смесях $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ при неизотермическом разогреве реакционной смеси. Особое внимание уделялось калориметрическим измерениям, поскольку применительно к смеси $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ данные по ДСК ограничены [4].

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 уравнениям:



Ферритизующий обжиг реакционных смесей осуществлялся в неизотермическом режиме в процессе измерения зависимостей ТГ/ДСК в температурном диапазоне (20-900) °С. Скорость нагрева составляла 5 °С/мин.

Термогравиметрические и калориметрические ТГ/ДСК измерения 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

На рисунке 1 представлены термограммы смесей Li_2CO_3 и $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ с молярным соотношением реагентов 1:1 (а) и 1:5 (б), свободно засыпанных в измерительные тигли. Данные составы соответствуют стехиометрическим формулам пентаферрита лития и ортоферрита лития, соответственно. Качественно кривые ТГА/ДСК одинаковы для обоих составов. Выделяются две стадии потери массы, которым соответствуют эндотермические пики ДСК. Низкотемпературная стадия осуществляется в диапазоне температур ~ (500-720) °С с широким максимумом ДСК при

~ 620 °С. Эта стадия отсутствует при нагревании чистого карбоната лития. Поэтому, очевидно, что ее появление в нагреваемой смеси, обусловлено взаимодействием оксида железа и карбоната лития.

При температурах выше ~ 720 °С реакция разложения карбоната лития переходит в высокотемпературную стадию с пиком ДСК при ~ 730 °С. По завершении второй стадии масса навески стабилизируется, а общая потеря массы соответствует расчетному количеству углекислого газа, которое должно выделиться при полном разложении карбоната лития в исследуемой смеси. Из рисунка 1 видно, что скорость разложения Li_2CO_3 на второй стадии резко возрастает. Учитывая, что начало этой стадии практически совпадает с температурой плавления карбоната лития, представляется естественным связать интенсификацию процесса разложения с растеканием пленки расплава по поверхности зерен оксида железа и последующим диффузионным обменом катионами, эффективность которого возрастает вследствие резкого увеличения площади контакта взаимодействующих частиц.

Важным обстоятельством является качественное совпадение кривых ТГА/ДСК для составов, соответствующих образованию обоих видов ферритов лития. Это свидетельствует о слабой чувствительности механизма разложения карбоната лития (при свободной засыпке смеси) к соотношению компонентов. Более того, они практически совпадают для обоих составов отношения теплоты, поглощенной при температуре плавления карбоната лития к общей поглощенной теплоте. То есть, относительная доля карбоната лития, сохраняющегося до температуры своего плавления, не зависит от соотношения концентраций реагентов.

Из рисунка 1(б) видно, что на кривой ДСК для состава 1:5 присутствует дополнительный эндотермический пик при температуре (750-755) °С, обусловленный переходом «порядок-беспорядок» (фазовый переход $\square\square\square$) в образовавшейся фазе LiFe_5O_8 [5]. Данную интерпретацию подтверждает обратимый характер перехода, когда при охлаждении образцов наблюдается экзотермический пик, несколько смещенный в низкотемпературную область вследствие температурного гистерезиса. Кроме того, появление этого пика не сопровождается изменением массы образца (рис. 1б). И, наконец, данный пик отсутствует после прогрева смеси состава 1:1, когда результатом синтеза является ортоферрит лития (рис. 1а).

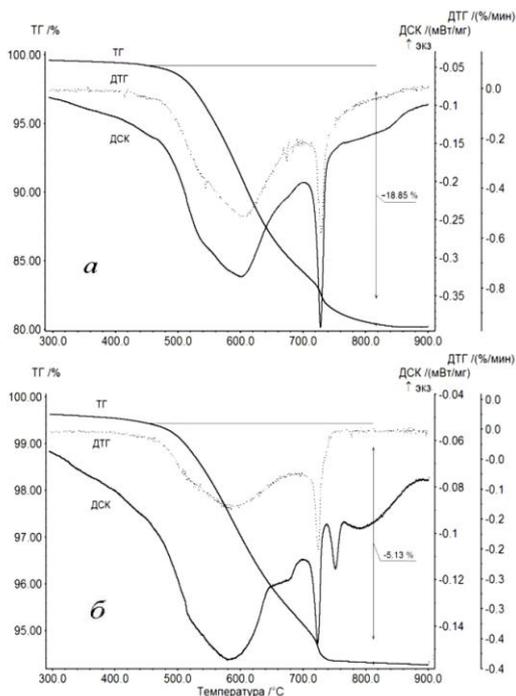


Рис. 1. Термограммы смесей Li_2CO_3 и $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ с молярным соотношением реагентов 1:1 (а) и 1:5 (б) при скорости нагрева навесок $5\text{ }^\circ\text{C}/\text{мин}$.

Если диффузионное проникновение ионов железа приводит к разрушению решетки Li_2CO_3 , то первичным продуктом такого взаимодействия будет, очевидно, феррит с высоким содержанием лития. Предельным видом такого соединения является ортоферрит лития.

Наоборот, встречная диффузия лития в частицы оксида железа приводит (в предельном случае) к образованию обогащенного железом пентаферрита лития LiFe_5O_8 . Безусловно, фазы LiFeO_2 и LiFe_5O_8 будут разделять промежуточные соединения переменного состава по отношению к литию и железу. Примером таких соединений могут быть твердые растворы лития в оксиде железа, либо железа в оксиде лития, либо нестехиометрические фазы орто- и пентаферрита лития.

Термогравиметрические измерения не позволяют судить о соотношении интенсивностей диффузионных потоков катионов лития и железа. В то же время, исходя из изложенной интерпретации, в реакционной смеси после измерения термограммы (т.е. после неизотермического обжига) должны появиться пентаферритовая и ортоферритовая фазы. Поэтому, методом рентгеновской дифрактометрии (РФА) можно определить концентрации указанных фаз на разных этапах неизотермического обжига и по этим данным оценить соотношение интенсивностей диффузионных потоков катионов лития и железа. В расчете использовались карточные данные соединений № 40-142 (Fe_2O_3), № 51-665 (LiFe_5O_8) и № 28-365 (LiFeO_2) базы данных ICSD.

Реакционной смеси с молярным соотношением компонентов Li_2CO_3 и $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 1:5 соответствует

смесь с содержанием 8,5 мас.% Li_2CO_3 и 91,5 мас.% $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Как следует из РФА данных, результаты рентгенофазового анализа подтверждают заданное соотношение концентраций компонентов.

Линейный нагрев смеси со скоростью $5\text{ }^\circ\text{C}/\text{мин}$ до температуры $900\text{ }^\circ\text{C}$ (в процессе измерения ДСК) и последующее охлаждение приводят к полному устранению отражений от карбоната лития и снижению интенсивностей рефлексов оксида железа. Полнопрофильный анализ показал наличие фаз $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, LiFe_5O_8 и LiFeO_2 .

В сравнении с исходным состоянием после обжига в частицах непроореагировавшего оксида железа наблюдается почти двукратное возрастание размера ОКР, что является естественным следствием рекристаллизационных процессов при обжиге. В то же время известно, что кинетическое поведение смеси $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ в значительной мере определяется параметрами реальной структуры $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, среди которых главную роль играют размеры ОКР и величина микронапряжений. В частности, авторами [6] установлена степенная обратная зависимость между константой скорости твердофазного взаимодействия и размером ОКР.

Литература

1. Wang X., Gao I., 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. Berbenni V., Marini A., Matteazzi P., Ricceri R., Welham N. Solid-state formation of lithium ferrites from mechanically activated $\text{Li}_2\text{CO}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$ mixtures. // *J. Eur. Ceram. Soc.* – 2003. – 23. – P. 527-536.
5. Surzhikov A. P., Franguljyan T. S., Gyngazov S. A., Lysenko E. N. Investigation of structural states and oxidation processes in $\text{Li}_{0,5}\text{Fe}_{2,5}\text{O}_4$ using TG analysis // *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. – 2012. – V.108. – №3. – P.1207-1212.
6. Олейников П.Н., Муравьева Г.П., Олейников Н.Н. Влияние параметров реальной структуры гематита на кинетику ферритообразования в системе $\text{Li}_2\text{O-Fe}_2\text{O}_3$ // *Изв. АН СССР. Неорган. Материалы*. – 1995. – т. 31. – №12. – стр. 1572 – 1576.

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОПОРОШКОВ ПРИ ПРОЗВОДСТВЕ ВЫСОКОТЕПЛОПРОВОДНОЙ КЕРАМИКИ

Омурбекова К.Р., Волкова А.В.

Научные руководитель: Дитц А.А. к.т.н. доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ditts@tpu.ru

Введение. Керамика на основе нитрида алюминия призвана заменить керамику из оксида бериллия BeO, поскольку исходные порошки BeO крайне токсичны и оказывают вредное действие как на организм человека (канцерогенное действие), так и на окружающую среду. В настоящее время вся керамика с высокой теплопроводностью, как AlN, так и BeO, поставляется в Россию только по импорту. Поэтому проблема получения высокотеплопроводной керамики на основе нитрида алюминия является актуальной и своевременной. К тому же, керамика из нитрида алюминия по коэффициенту теплового расширения ближе к кремнию и арсениду галлия, основа большинства кристаллов, применяемых в электронике, чем керамика из оксида бериллия [1].

Керамика на основе нитрида алюминия (AlN) с высокой теплопроводностью предназначена для использования в электронике и электротехнике, в первую очередь, в качестве материала подложек мощных силовых и СВЧ полупроводниковых приборов (диодов, транзисторов, тиристоров), микросхем, микросборок и многокристалльных модулей, термомодулей и подложек мощных светодиодов, а также других компонентов и устройств, где требуются высокие диэлектрические характеристики, прочность и теплопроводность материала.

Материалы и приборы. В работе были использованы порошки нитрида алюминия производства фирмы H.C. Starck Grade B, для снижения температуры спекания нитрида алюминия вводили порошок оксида иттрия, разного по гранулометрическому составу, производства фирмы H.C. Starck Grada C, и нанопорошок производства ABCR Karlsruhe.

По данным рентгенофазового анализа выполненного на дифрактометре Shimadzu XRD – 7000 нитрид алюминия представлен единственной фазой, как и порошки оксида иттрия.

На рисунке 1 представлены данные растровой электронной микроскопии сделанной на микроскопе JSM 7500FA порошка нитрида алюминия. На рисунке 2, 3 представлены данные растровой электронной микроскопии порошков оксида иттрия. Данные электронной микроскопии подтверждаются данными лазерной гранулометрии полученные на лазерном дифракционном анализаторе размеров частиц SALD 7101 и представлены в таблице 1.

Нанопорошок оксида иттрия по данным микроскопии представлен агломератами, такая

агломерация характерна для многих нанопорошков.

Таблица 1. Данные гранулометрии порошков

Порошок	Размер частиц, мкм		
	D ₁₀	D ₅₀	D ₉₀
AlN	0,6	4,5	9,1
Y ₂ O ₃	0,889	3,022	11,910
Y ₂ O ₃ нано	0,532	1,509	3,305

Для разрушения агломератов применяли УЗ воздействие и механическое, предварительная обработка в шаровой мельнице в среде растворителя данные представлены в таблице 2.

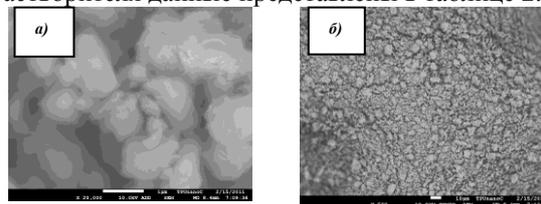


Рис.1. Микрофотографии порошка нитрида алюминия H.C. Starck а) $\times 20000$; б) $\times 500$

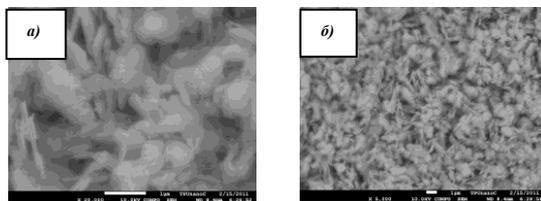


Рис.2. Микрофотографии порошка оксида иттрия H.C. Starck а) $\times 20000$; б) $\times 5000$

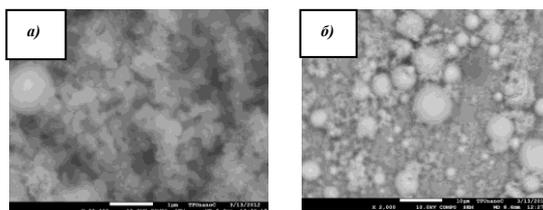


Рис.3. Микрофотографии нанопорошка оксида иттрия ABCR Karlsruhe а) $\times 20000$; б) $\times 2000$

Разрушение агломератов проводили при воздействии УЗ, и механически в шаровой мельнице, данные представлены в таблице 3

Таблица 2. Данные гранулометрии порошков оксида иттрия после различной обработки

Порошок	Способ деагломерации	Размер частиц, мкм		
		D ₁₀	D ₅₀	D ₉₀
Y ₂ O ₃	УЗ	0,527	1,482	3,227
	Механ	0,766	2,793	10,904
Y ₂ O ₃ нано	УЗ	0,132	0,809	1,305
	Механ	0,531	1,494	3,252

Исходные порошки смешивал по режимам подобранным ранее [2], подготовленную таким образом полидисперсную шихту после этого смешивали с пластификатором. Гранулят для прессования готовили на временной связке, ее содержание варьировали до 4 мас. %.

Спекание образцов проводили в высокотемпературной графитовой печи в среде азот. Для снижения влияния образующихся в печи градиентов температур, защиты образцов, использовали капсуля из нитрида бора с притертыми крышками.

Применение спекающей добавки обусловлено высокими температурами спекания нитрида алюминия, и очищение кристаллической решетки от примесей кислорода, который и является основным препятствием для достижения высокой теплопроводности AlN [3].

После спекания полученные образцы исследовали: определяли усадку, плотность, пористость, водопоглощение, теплопроводность, изучали микроструктуру полученных образцов. Теплопроводность определяли методом лазерной вспышки на установке LFA 427.

На рис.4 представлены микрофотографии полученной керамики.

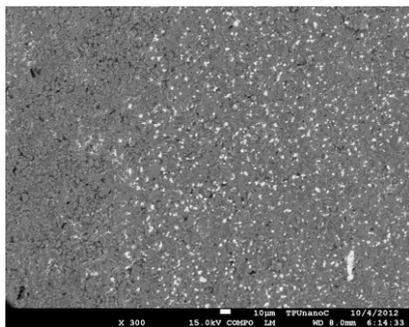


Рис.4. Микрофотография керамики с применением крупнодисперсных порошков оксида иттрия $\times 300$

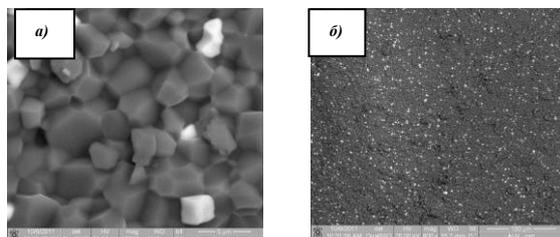


Рис.5. Микрофотографии керамики с применением наноразмерных порошков оксида иттрия производства Н.С. Starck а) $\times 12000$, б) $\times 800$

Заключение. Полученная керамика имеет различие в строении и свойствах. Такое различие объясняется в основном различием гранулометрического состава спекающей добавки. Керамика с применением в качестве спекающей добавки микронный порошок оксида иттрия,

имеет хорошую плотность, низкое водопоглощение, и достаточно высокую теплопроводность таблица 3. На микрофотографиях видны области с очень крупными включениями частичек оксида иттрия рисунок 4, и неравномерность распределения спекающей добавки, размер зерна спекающей добавки достигает 10 мкм. Керамика с применением нанопорошка оксида иттрия в качестве спекающей добавки имеет отличную микроструктуру рисунок 5, распределение спекающей добавки более равномерное, средний размер зерна спекающей добавки от 1 до 2 мкм, свойства керамики выше, чем при использовании микронных порошков. Применение нанопорошка позволяет обеспечить более равномерное распределение оксида иттрия, и таким образом организовать более качественную очистку решетки нитрида алюминия от кислорода связав его в алюмоиттриевую фазу, тем самым уменьшив его концентрацию, а значит и уменьшить рассеивание фононов. Применение нанопорошков оксида иттрия не приводит к существенному увеличению стоимости полученной керамики, поскольку его содержание менее 3 мас. %.

Таблица 3. Характеристики полученной керамики

Керамика	Отн. плотность, %	Водопоглощение, %	Теплопроводность, Вт/м·К
Y ₂ O ₃	97	0,01	160
Y ₂ O ₃ нано	99	0,005	174

Литература

1. Самсонов Г.В. Нитриды. – Киев: Наукова думка, 1969. – 380 с.
2. Дитц А.А., Земницкая А.Ю., Ларина К.В., Борискин С.А. Влияние предистории получения материалов нитрида алюминия на свойства керамики// Известия вузов. Физика. - 2012 - Т. 55 - №. 5/2 - С. 105-109.
3. Дитц А.А., МитИна Н.А., Земницкая А.Ю., Пестрецова Н.Е., Ларина К.В. Получение высокотеплопроводных материалов из нитрида алюминия// Известия вузов. Физика. - 2012 - Т. 55 - №. 5/2 - С. 110-113.
4. Gromov, A. Ilyin, A. Ditts, V. Vereshchagin. Combustion of Al–Al₂O₃ mixtures in air // Journal of the European Ceramic Society. 2005. Vol. 25. Is. 9. P. 1575-1579.
5. 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.
6. Чаплина Е.В., Громов А.А., Дитц А.А., Митина Н.А. Спекание оксинитридной керамики из шихты, полученной самораспространяющимся высокотемпературным синтезом // Известия вузов. Физика. - 2011 - Т. 54 - №. 11/3 С. 283-287.

НАНЕСЕНИЕ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ И БИОСОВМЕСТИМЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТИТАНОВЫЙ СПЛАВ ВТ6 МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

Павленко А.М.¹, Винокуров В.А.²

Научный руководитель: Найденкин Е.В.² зав.лаб. ИФПМ СО РАН, к.ф.-м.н.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
634021, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4

E-mail: lewako.puntaf@hotmail.com

Введение.

В настоящее время широко применяется титановый сплав ВТ6. Он используется от изготовления крупногабаритных сварных и сборных конструкций летательных аппаратов до применения в медицине. Такое широкое распространение этого сплава объясняется удачным его легированием. Алюминий повышает прочностные и жаропрочные свойства, а ванадий относится к числу тех немногих легирующих элементов в титане, которые повышают не только прочностные свойства, но и пластичность. В то же время алюминий и ванадий становятся резким препятствием применению ВТ6 в медицине, так как являются крайне вредными для человеческого организма.

Чтобы оградить организм человека от вредных химических элементов, содержащихся в сплаве, при его использовании в медицинских целях, можно применять различные методики модификации поверхности. В данной работе было нанесено защитное покрытие чистым титаном методом электроискрового легирования.

Так же было принято решение о проведении тестовых исследований покрытий из других материалов.

Материалы и методики.

Состав ВТ6:

Fe	До 0,6	Ti	86,45-90,9
C	До 0,1	Al	5,3-6,8
Si	До 0,1	Zr	До 0,3
V	3,5-5,3	O	До 0,2
N	До 0,5	H	До 0,015
Примеси		Прочих 0,3	

Табл. 1. Химический состав титанового сплава ВТ6. [1]

В работе были проведены исследования структуры и свойств покрытий, нанесенных на титановый сплав ВТ6 СМК. Покрытия наносились методом электроискрового легирования, как наиболее ресурсоэкономным и в то же время продуктивным способом, так же еще и позволяющим требуемых поверхностных характеристик. [2]

Необходимо добиться результата, при котором на поверхности содержание алюминия и

ванадия будет сведено к нулю или значительно уменьшится. В качестве электрода используется титан технической чистоты. Титановый электрод будет эмиттером титана на поверхностный слой образца.

Если проводить электроискровую обработку не в вакууме, то возможно образование оксида титана, который также является биосовместимым.

Помимо титана для нанесения коррозионно-стойких и биосовместимых покрытий использовались также графит и цирконий. Титан и цирконий – наиболее подходящие материалы для использования в медицине, так как оба являются биосовместимыми. Биосовместимое покрытие – химически или биологически инертный материал, безопасный для тканей человеческого организма и не вызывающий некроза, отторжения, воспалительных реакций и апоптоза. Так же цирконий, наряду с графитом, может быть использован и как антикоррозионное покрытие.

Материалы, из которых изготавливают современные имплантаты для чрезкостного остеосинтеза и имплантаты в стоматологии, обладают высокой прочностью и высокой способностью прорастивания тканей организма человека (если это необходимо в конкретном случае). [3]

Следствием импульсного электрического разряда в газовой среде является эрозия металлоподобных материалов, перенос и отложение на поверхностях электрода-анода и детали-катода разрушенных частиц металла, сплава или проводящей ток композиции.

В основе всех технологических операций по обработке металлов электрической искрой лежит ее способность обеспечить высокую плотность тока тепла на малом участке электродов и на поверхности обрабатываемой детали. При таком воздействии электрод быстро нагревается, затем плавится и частично испаряется.

Единичный акт переноса происходит при высокой температуре разряда (5000...11000 С°). Вследствие кратковременного разряда (10...1000 мкс) и его локальности нагретые микрообъемы металла детали мгновенно охлаждаются за счет теплопроводности. Происходит сверхскоростная закалка микрообъемов поверхностного слоя детали

Электроискровая обработка материалов обладает следующими специфическими особенностями:

- Материал электрода-анода может образовывать на поверхности детали или инструмента-катода прочно сцепленный с поверхностью слой покрытия, в котором отсутствует не только граница раздела, но происходит даже диффузия элементов материала электрода в приповерхностные слои материала детали;

- Процесс может происходить и так, что материал электрода не образует покрытия на поверхности детали, а диффузионно обогащает эту поверхность своими составными элементами;

- Можно осуществлять локальную обработку на площадях радиусом от 0,5 мм на поверхностях практически любой кривизны, а значит, обрабатывать только те участки поверхности детали или инструмента, которые подвергаются изнашиванию. [2]

Результаты исследования.

Получено покрытие толщиной порядка 70 мкм.

Результаты исследования состава титанового покрытия методом рентгеноструктурного анализа показали, что алюминий и ванадий отсутствуют в поверхностном слое образца (присутствуют только TiO-sub (47,8%) и Ti- α (52,2%)), в котором наблюдается незначительное локальное увеличение микротвердости, что также является хорошим показателем – нанесение покрытия не влияет на структуру материала, не охрупчивает ее.

По данным растровой электронной микроскопии видно, что небольшое количество алюминия и ванадия все же присутствует в поверхности. Весовой состав: Ti 94.67%, Al 3.57%, V 1.76% (см. рис 1).

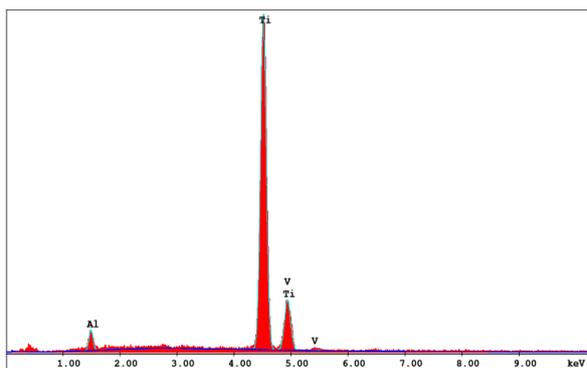


Рис. 1. Спектр химического состава сплава ВТ6 с титановым покрытием.

Структура поверхности однородна, соответствует классу шероховатости Ra 6,3. На растровом электронном микроскопе были получены увеличенные снимки поверхности с участков 40x40 мкм², один из которых представлен на рис. 2. На рис. 2 видим, что имеются трещины, но их размеры допустимы даже при чрезкост-

ном протезировании, так как будут только способствовать прорастанию тканей.

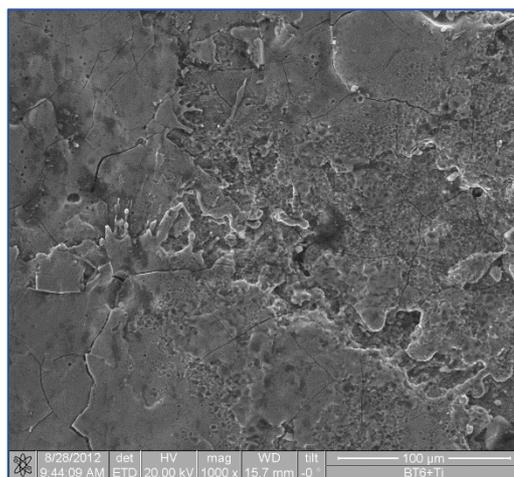


Рис. 2. Структура титанового покрытия при увеличении 1000х.

Выводы.

Методом электроискрового легирования на титановый сплав ВТ6 были нанесены различные коррозионноустойчивые и биосовместимые покрытия из титана, графита и циркония.

Титановое покрытие, нанесенное на ВТ6 СМК, удовлетворяет условиям применения данного материала в медицине: значительно уменьшено содержание в поверхностном слое алюминия и ванадия, микротвердость в покрытии, приповерхностных слоях не изменилась, следовательно, прочность покрытия равна прочности самого ВТ6.

В настоящее время ведется подбор режим и времени нанесения покрытия с целью увеличения его толщины для выравнивания поверхности и еще большей минимизации алюминия и ванадия на поверхности.

Также ведутся исследования покрытий из циркония и графита, чьи перспективы многообещающие.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука».

Список источников:

1. Ильин А.А., Колачаев Б.А., Полькин И.С. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства. Справочник. – М.: ВИЛС-МАТИ, 2009. – 520 с.
2. Бурумкулов Ф.Х., Лезин П.П., Сенин П.В., Иванов В.И., Величко С.А., Ионов П.А. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика). - Саранск, Изд-во "Красный Октябрь", 2003 - 504 с.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ZrO_2 ПОСЛЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ ТЕРМОУДАРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ.

Подъема Е.А., Новиков С.С.

Научный руководитель: Буюкова С.П.^{1,2,3} д.т.н., Промахов В.В.^{1,2,3} к.т.н.

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634021, г. Томск, просп. Академический, 2/4

²Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

³Томский государственный университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36

E-mail: jonni_xxx@mail.ru

Материалы на основе ZrO_2 характеризуются высокой прочностью и вязкостью разрушения, стойкостью к воздействию агрессивных химических сред, низкой теплопроводностью, особыми электрофизическими свойствами. Поэтому керамика на основе стабилизированного диоксида циркония весьма перспективный материал для высокотемпературной техники и определяющим параметром является термостойкость. Однако термостойкость не является константой материала и в значительной степени определяется структурой и фазовым составом.

В связи с этим целью данной работы явилось изучение влияния количества термоударных воздействий на структуру, фазовый состав и механические свойства керамики на основе ZrO_2 .

Для проведения исследований использовался плазмохимический дисперсный порошок ZrO_2 (стабилизированный оксидом магния MgO). Количество стабилизирующей добавки MgO в исходных порошках составляло 3, 5, 10 15 и 20 вес. %.

Получение образцов керамики производилось методом порошковой металлургии и заключалось в прессовании порошка и последующем спекании прессовок. Прессование производилось на гидравлическом прессе при давлении прессования 1.5 т/см^2 . Для формования использовалась стальная пресс-форма для получения образцов в форме дисков. Высокотемпературное спекание прессовок осуществлялось в воздушной среде при температуре 1650°C . Нагрев производился со скоростью 300°C/час , охлаждение от температуры спекания до 1000°C со скоростью 160°C/час и далее до комнатной температуры со скоростью 50°C/час . Время изотермической выдержки составляло 1 час. Термическое нагружение образцов производилось методом закалки от 1000°C в проточную воду.

Структура керамики исследовалась посредством оптической и растровой электронной микроскопии. Фазовый состав

образцов анализировался по рентгеновским дифрактограммам, полученным при CuK_α излучении. Количественное содержание фаз диоксида циркония рассчитывалось по соотношению интегральных интенсивностей линий кубической, тетрагональной и моноклинной фаз [1].

Исследования показали, что после первого термоударного воздействия произошло микрорастрескивание поверхности образцов с формированием трещиноватой блочной структуры. Сформировавшаяся структура не приводила к катастрофическому разрушению образцов. Более того, исходя из структурной (фрагментальной) теории термостойкости [2], формирование трещиноватой блочной структуры повышает стойкость материалов к воздействию градиента температур.

Увеличение количества термоударных воздействий привело к перераспределению фазового состава относительно исходного состояния керамик. Уже после первого термонагружения на рентгенограммах всех исследуемых составов наблюдалось увеличение интенсивности рефлексов низкотемпературной моноклинной модификации ZrO_2 и уменьшение интенсивности рефлексов высокотемпературной кубической модификации ZrO_2 . После 5 термоударных воздействий в керамиках всех составов практически не наблюдалось рефлексов кубической модификации ZrO_2 . Однако, несмотря на практически полное исчезновение высокотемпературной модификации ZrO_2 в нагружаемых образцах, они не имели сколов и не разрушались при дальнейших термонагружениях.

Расчёты показали, что разница в фазовом составе для образцов керамики 3, 5, 10, 15, 20 вес. % MgO составов сохранялась до 10 циклов термоударных воздействий. После 10 термоударных нагружений в образцах всех составов доля кубической фазы ZrO_2 не превышала 10 %, рисунок 1. После двадцати термоударных воздействий содержание этой фазы в образцах составляло около 5 %.

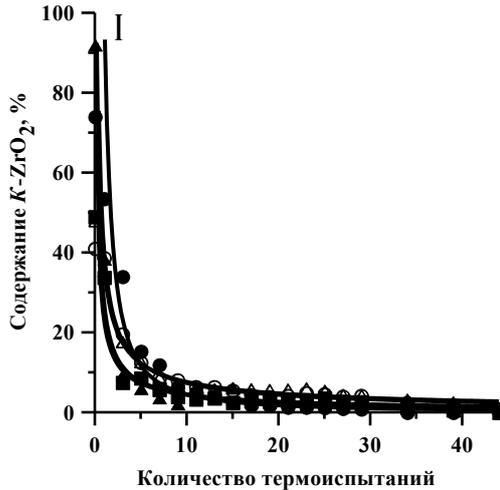


Рисунок 1 — Содержание кубической модификации ZrO_2 в зависимости от количества термоиспытаний для образцов:
1 - ● - ZrO_2 (3 вес.% MgO); 2- ▲ - ZrO_2 (5 вес. % MgO); 3 - ■ - ZrO_2 (10 вес.% MgO); 4 - Δ - ZrO_2 (15 вес. % MgO); 5 - ○ - ZrO_2 (20 вес. % MgO)

Установлено, что на дифрактограммах всех исследуемых составов керамик после 5-10 циклов термоударных воздействий наблюдались рефлексы, принадлежащие MgO. Увеличение количества термоударных воздействий привело к увеличению относительной интенсивности рефлексов оксида магния. Данное обстоятельство может быть обусловлено разложением твёрдого раствора $ZrO_2 - MgO$ с выделением оксида магния [3,4].

Расчёты средних размеров областей когерентного рассеяния рентгеновских лучей (ОКР) показали, что образцы, отличавшиеся количеством оксида магния в системе $ZrO_2 - MgO$, практически не отличались по размеру ОКР моноклинной фазы - для всех образцов размер ОКР до термоиспытаний находился в пределах 25 – 35 нм. Размер ОКР кубической фазы диоксида циркония, напротив, зависел от соотношения компонентов в системе $ZrO_2 - MgO$. В образцах 3 вес.%MgO и 10, 15, 20 вес.% MgO составов средний размер ОКР кубической фазы составил 40 – 50 нм, а в образцах 5 вес.%MgO состава – 80 нм.

Термоциклирование привело к увеличению среднего размера ОКР моноклинной фазы диоксида циркония в образцах всех составов, рисунок 2. Интенсивные изменения размеров ОКР моноклинной модификации ZrO_2 происходили до тех пор, пока имели место изменения в соотношении фаз диоксида циркония. К десятому термоциклу средний размер ОКР моноклинной фазы ZrO_2 во всех образцах составил около 45 нм.

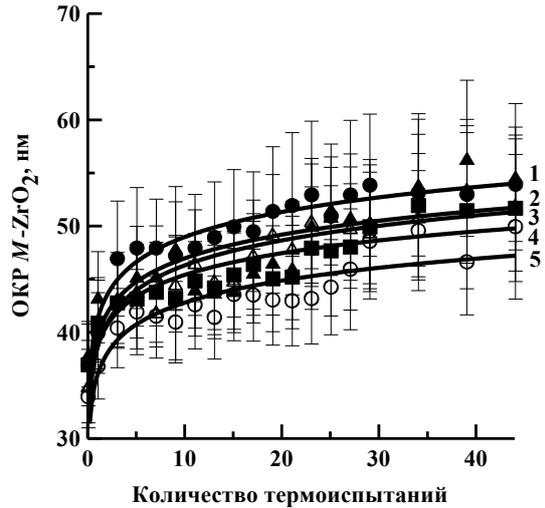


Рисунок 2 — Зависимость размеров ОКР моноклинной модификации ZrO_2 от количества термоиспытаний:

1 - ● - ZrO_2 (3 вес.% MgO); 2- ▲ - ZrO_2 (5 вес. % MgO); 3 - ■ - ZrO_2 (10 вес.% MgO); 4 - Δ - ZrO_2 (15 вес. % MgO); 5 - ○ - ZrO_2 (20 вес. % MgO)

Таким образом, проведённые исследования показали, что по мере увеличения числа термоиспытаний в образцах всех составов сокращалась доля кубической модификации ZrO_2 и, соответственно, возрастало содержание моноклинной модификации. При этом увеличение доли низкотемпературной фазы ZrO_2 наблюдалось уже после первого термонагружения. Увеличение количества моноклинной фазы при термонагружениях явилось результатом распада твёрдого раствора $ZrO_2 - MgO$: на дифрактограммах всех исследуемых образцов после нескольких термонагружений появились рефлексы MgO.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов: РФФИ 12-08-33099 мол_а_вед, 11.519.11.2020 госзаказ «Наука».

Список использованных источников

1. Garvie R.C. Nicholson H.S. Phase Analyses in Zirconia System. // J. Am. Ceram. Soc. - 1972.- Vol.55.- N. 6.- P. 303-305.
2. Кингери У.Д. Введение в керамику / У.Д. Кингери – М.: Металлургия. 1967. – 495 с.
3. Lopato L.M. and Shevchenko A.V. Fazovie Ravnovesiya, Strukt. Svoistva Splavov. Edited by V.N. Eremenko. Naukova Dumka, Kiev, P. 25-32.
4. Du Y. and Jin Z.P., CALPHAD: Comput. Coupling phase diagrams thermochem., 15[1], 1991, P. 59 – 68.

МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПЛАТИНЫ (IV)

Покровская М.А.^{**}, Сипкина Е.И.^{*}

Научные руководители: Раскулова Т.В., д.х.н., профессор^{**}; Лебедева О.В., к.х.н., доцент^{*};
Пожидаев Ю.Н. д.х.н., профессор^{*}

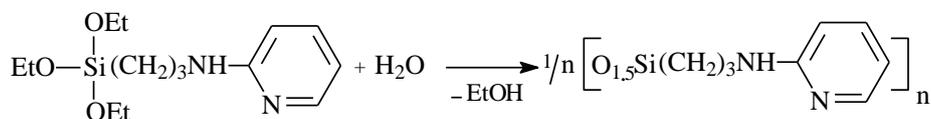
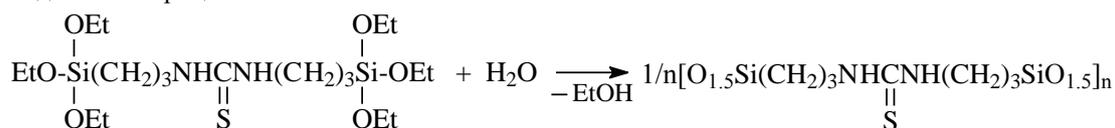
^{*}ФГБ ОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет»,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83;

^{**}ФГБ ОУ ВПО «Ангарская государственная техническая академия»,
665835 Россия, Иркутская обл., г. Ангарск, ул. Чайковского, 60
E-mail: pm888@mail.ru.

Одним из методов, позволяющим получать сорбенты с ценным комплексом свойств, является золь-гель синтез [1]. Например, для создания высокоэффективных сорбентов для извлечения благородных металлов, в частности, платины, широко используются кремнийсодержащие органо-неорганические композиты [2], сформированные на основе органических полимеров и кремнийорганических производных.

Также известно, что высокой сорбционной ёмкостью по отношению к благородным металлам характеризуются комплексообразующие полифункциональные сорбенты с азотсодержащими группами, например: алифатические и ароматические амины, пиридиновые, пиразольные и некоторые другие азотсодержащие гетероциклические фрагменты [2-5]. Сорбционная способность таких сорбентов по отношению к металлам платиновой группы связана с возможностью протонирования азотсодержащих функциональных групп в кислых средах, что обеспечивает взаимодействие с ними ацидокомплексов платиноидов [2-4].

Целью представленной работы являлся синтез и исследование сорбционных свойств композитов



Синтезированные материалы представляют собой порошкообразные твердые продукты коричневого цвета, нерастворимые в кислотах и органических растворителях и обладающие высокой термической устойчивостью (температура разложения достигает 250 °С).

Полученные материалы можно отнести к полувзаимопроникающим сеткам, химически не связанным, но не делимым из-за механического переплетения цепей [8]. Это утверждение подтверждается сохранением их однородности и массы после обработки высококипящими органиче-

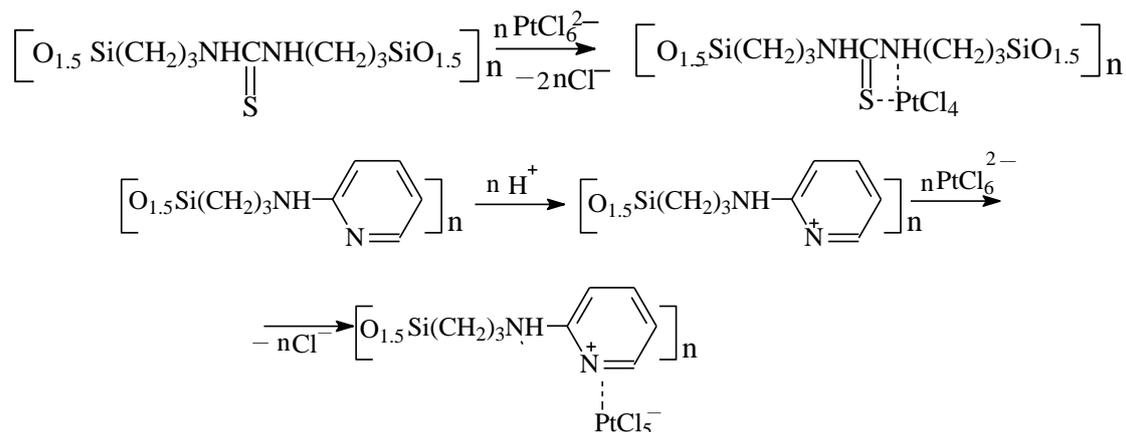
скими растворителями (ксилол, диметилсульфоксид) и водными растворами минеральных кислот (HCl 5 моль/л, H₂SO₄ 5 моль/л).

Сополимеры на основе ВГЭ-ВХ синтезировали согласно [6]. Получение композитов методом золь-гель синтеза, определение их структуры и состава, а также исследование некоторых свойств проводили аналогично [1]. Исследование сорбции Pt (IV) осуществляли из модельного раствора, содержащего 20-160 мг/л извлекаемого металла согласно [7].

Процесс гидролитической поликонденсации N,N-бис (3-триэтоксисилилпропил) тиокарбамида (БТМ-3) и 2-([триэтоксисилилпропил] амино)пиридина (ТЭАП) в присутствии сополимера ВГЭ-ВХ приводит к образованию пространственно сшитых кремнийсодержащих композитов в соответствии со схемами:

скими растворителями (ксилол, диметилсульфоксид) и водными растворами минеральных кислот (HCl 5 моль/л, H₂SO₄ 5 моль/л).

Сорбционная активность синтезированных материалов является результатом не только физической сорбции за счет развитой поверхности кремниевого носителя, но и хемосорбции за счет образования ионно-координированных комплексов Pt (IV) с функциональными группами сорбентов согласно схемам:



Максимальную эффективность извлечения Pt (IV) в 1 М растворе HCl, наибольшие значения сорбционной емкости (70 мг/г) и коэффициента межфазного распределения (1430 см³/г), обнаруживает образец на основе сополимера ВГЭ–

ВХ/БТМ-3 при температуре 298 К (рис. 1а). Сорбционная емкость и коэффициент межфазного распределения образца на основе сополимера ВГЭ–ВХ/ТЭАП при температуре 298 К составили соответственно 28 мг/г и 167 см³/г (рис. 1б).

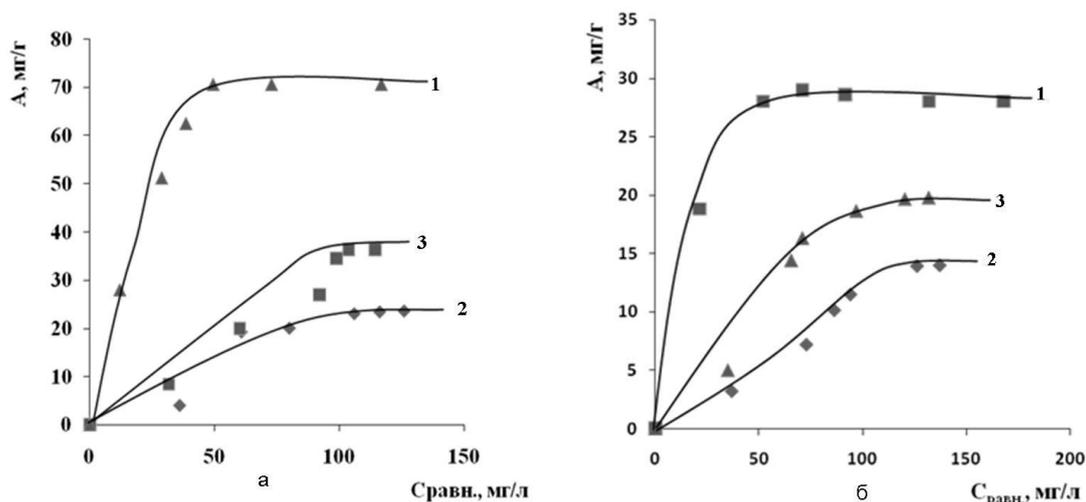


Рис. 1. Изотермы сорбции Pt (IV) при 298 К (1), 318 К (2) и 338 К (3) сорбентом на основе композитов на основе сополимера ВГЭ–ВХ / БТМ-3 (а) и сополимера ВГЭ–ВХ / ТЭАП (б)

Регенерация сорбционных материалов осуществлялась 10%-ным раствором тиомочевины в растворе соляной кислоты (рН=1). Степень десорбции платины при контакте с раствором десорбента в течение одного часа при температуре кипения составила 98-99%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедева О.В., Пожидаев Ю.Н., Шаглаева Н.С., Поздняков А.С., Бочкарева С.С. // Химическая технология. 2010. Т. 11. № 1. С. 20-25.
2. Voronkov M., Vlasova N., Pozhidaev Yu., Belousova L., Grigoryeva O. // Polym. Adv. Technol. 2006. V. 17. P. 506-511.
2. Симанова С.А., Кукушкин Ю.Н. // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 1985. Т. 28. Вып. 8. С. 3-15.

3. Симанова С.А., Кукушкин Ю.Н. // Пробл. современной химии координац. соединений. 1992. Вып. 10. С. 125-130.
4. Мясоедова Г.В., Саввин С.Б. Хелатообразующие сорбенты. М.: Наука, 1993. 173 с.
5. Чопабаева Н.Н., Ергожин Е.Е., Таирова Б.Т. // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2007. Т. 50. Вып. 9. С. 117-118.
6. Халиуллин А.К., Салауров В.Н., Раскулова Т.В., Шибанова Е.Ф., Волкова Л.И., Трофимов Б.А. // ЖПХ. 1996. Т. 69. № 4. С. 653-656.
7. Аналитическая химия металлов платиновой группы. / Под ред. Ю.А. Золотова. М.: УРСС, 2003. 592 с.
8. Voronkov M.G., Vlasova N.N., Pozhidaev Yu.N. // Appl. Organomet. Chem. 2000. V. 14. P. 287-313.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СВМПЭ С ПРИМЕНЕНИЕМ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА

Полтаранин М.А., Чупина В.С.

Научный руководитель: Панин С.В., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: panzerturm@mail.ru

Полимерные композиционные материалы, обладающие низким коэффициентом трения и высокой износостойкостью, очень широко используются в современном трибоматериаловедении в качестве узлов трения [1,2]. Основные исследования полимерных триботехнических материалов ведутся в направлении разработки методов структурной модификации полимерной матрицы, определяющей пластичные и долговечные пленки фрикционного переноса. Большие возможности лежат в области создания различных композитов. СВМПЭ является материалом уникальным по сочетанию свойств, что делает его привлекательным материалом для использования его в качестве полимерной матрицы в композитах.

Отдельная роль отводится получению композитов с использованием различных волокон, как органических, так и минеральных. С этой точки зрения, представляется интересным всестороннее исследование подобного рода композитов, с целью формулирования рекомендаций для получения объемных изделий и применения их в машиностроении.

В настоящей работе исследовали влияние добавление базальтового волокна (БВ) на механические и триботехнические свойства сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ), а так же возможности использования химических модификаторов (промоутеров адгезии). Базальтовое волокно в данном случае является привлекательным материалом для исследования, поскольку кроме возможности придания высоких механических свойств, базальтовое волокно может дать значительный экономический эффект. В частности, замещение части дорогостоящего полимера на дешевое базальтовое волокно, позволит значительно снизить стоимость изделий.

В работе использовался СВМПЭ марки Ticona Gur 2122, с молекулярной массой 4.5 млн., базальтовое волокно, диаметром 3-5 мкм, и промоутер адгезии Пента-1010.

Данные по плотности образцов, полученные методом гидростатического взвешивания, представлены в таблице 1

Таблица 1. Плотность исследуемых образцов.

Состав материала	Плотность, г/см ³
Чистый СВМПЭ	0,934
5% БВ	0,972
5% БВ, 1% Пента 1010	0,980
10% БВ	0,997
10% БВ, 1% Пента 1010	1,010

Анализ полученных данных, позволяет сказать что добавление модификатора ПЕНТА-1010, позволяет получать более плотный композит и обеспечивать лучшее расположение минерального наполнителя в полимерной матрице.

Изменения твердости образцов по Шору Д, в процессе модификации представлены в таблице 2.

Таблица 2. Твердость исследуемых образцов.

Состав материала	Твердость
Чистый СВМПЭ	59,1
5% БВ	59,6
5% БВ, 1% Пента 1010	58,1
10% БВ	59,7
10% БВ, 1% Пента 1010	57,8

Как и ожидалось, введение базальтового волокна повышает твердость образцов. Снижение твердости в случае применения химического модификатора, можно связать с тем, что он позволяет более однородно распределять волокно при смешивании его с порошком полимера, и не позволяет волокну скомковаться и скатываться в отдельные образования.

Механические характеристики образцов, полученные при испытании на растяжение, представлены в таблице 3.

Таблица 3. Механические характеристики исследуемых образцов.

Состав материала	Предел прочности, МПа	Удлинение, %
Чистый СВМПЭ	35	360
5% БВ	25	300
5% БВ, 1% Пента 1010	27	325
10% БВ	24	285
10% БВ, 1% Пента 1010	25	300

Как видно из таблицы 3, все полученные композитные материалы показали ухудшение механических свойств, что связано с наличием в исходном сырье базальтового волокна различного рода загрязнений (концевика, «корольки», более толстые волокна), которые, по сути, являются достаточно крупными «дефектами» в структуре исходной полимерной матрицы. При этом видно, что образцы, полученные с применением химического модификатора, показывают несколько лучшие свойства, чем образцы, полученные просто с применением волокна.

Основным параметром, который оценивали в данной работе, является абразивная износостойкость, потому что, именно она будет являться важнейшим критерием в назначения данного рода композитов для применения в машиностроении.

Триботехнические характеристики, полученные в результате испытаний абразивный износ, показаны в таблице 4.

Таблица 4. Триботехнические характеристики образцов.

Образец	Коэффициент трения	Интенсивность износа, мм ³ /м	Износостойкость, м/мм ³
Чистый	0,385	0,169	5,918
5% БВ	0,367	0,0735	13,870
5% БВ 1% Пента 1010	0,352	0,071	14,224
10% БВ	0,336	0,050	19,891
10% БВ 1% Пента 1010	0,367	0,058	17,116

Как видно по полученным данным все образцы наполненного полимера дают прирост по абразивной износостойкости, до 3,5 раз. Одновременно происходит снижение коэффициента трения.

В целом по результатам работы можно сделать вывод о целесообразности создания и применения подобных композитов в машиностроении, например в качестве футеровок рабочих органов горнодобывающего оборудования

Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука».

Литература:

1. Машков Ю.К., Кропотин О.В. Трибофизика и структурная модификация материалов трибосистем. – Омск: Издательство ОмГТУ, 2009.- 322 с.
2. Myshin N.K., Petrokovets M.I., Kovalev A.V. Tribology of polymers: Adhesion, friction, wear and mass-transfer//Tribology International. -2005 (38), 910-921

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО КАБЕЛЯ С ЗАДАНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Потеряева Н.Л.

Научный руководитель: Ким В.С., к.ф-м.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: poteryalka@yandex.ru

В настоящее время наблюдается недостаток номенклатуры высокочастотных (ВЧ) кабелей на российском рынке. Наиболее развитые отрасли промышленности такие, как военная и авиационная, вынуждены использовать ВЧ кабели импортного производства. Таким образом, существует значительная потребность в выпуске новых и модернизации существующих ВЧ кабелей в России.

Радиочастотные кабели предназначены для соединения передающих и приёмных антенн с радио и телевизионными станциями, различных радиочастотных установок, межприборного и внутреннего монтажа радиочастотных устройств, работающих на частотах выше 1МГц.[1].

До недавнего времени кабельной промышленностью выпускались симметричные ВЧ кабели с фторопластовой изоляцией марки КВСФ. Данный кабель используется в бортовых мультиплексных системах передачи информации в диапазоне частот до 30 МГц. Например, кабель марки КВСФ-75 имеет следующую конструкцию и характеристики [2]:

- число и диаметр проволок внутреннего проводника - $2 \times 7 \times 0.2$ мм;
- внутренний проводник – проволока медная посеребренная;
- изоляция - фторопласт Ф-4МБ;
- экран - оплетка из проволоки медной луженой;
- оболочка - фторопласт Ф-4Д с перекрытием + Ф-4МБ;
- диапазон рабочих температур - $-60..+200$ °С;
- коэффициент затухания – не более 0,28 дБ/м на частоте 0.025 ГГц.

Но современная техника предъявляет к кабелям дополнительные требования. В частности для их успешного применения необходимы конструкции с улучшенными (сниженными) значениями коэффициента затухания не более сигналов, со сниженными массо-габаритными параметрами, а также с повышенной гибкостью. В данной работе ставится задача разработать новую конструкцию ВЧ кабеля, удовлетворяющую вышеуказанным требованиям.

Коэффициент затухания прямо пропорционален частоте сигнала и диэлектрической проницаемости изолирующего материала и обратно пропорционален диаметру внутреннего проводника [3]. Для обеспечения значений коэффициента затухания не более 4,6 дБ/100м на частоте 1 МГц, необходимо

использовать материалы со значением диэлектрической проницаемости порядка 2,1.

Кабель КВСФ-75 имеет медную (марки М1) семипроволочную токопроводящую жилу 4 (ТПЖ) класса гибкости. Это обусловлено условиями эксплуатации кабельного изделия. Применение меди, как более устойчивого материала к изгибающим нагрузкам является более предпочтительным по сравнению с алюминием. Удельное электрическое сопротивление меди ($0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$) меньше удельного электрического сопротивления алюминия ($0,0271 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$), что способствует снижению коэффициента затухания сигнала.

Для повышения гибкости в новой конструкции кабеля предлагается увеличить количество скручиваемых проволок до 19, сохраняя неизменным сечение ТПЖ. За счет меньшего диаметра скручиваемых проволок увеличивается коэффициент заполнения жилы, что дает возможность пропускать ток большей величины

Существует большое разнообразие изоляционных материалов, используемых при производстве ВЧ кабелей. В частности, поливинилхлорид (ПВХ), полиэтилен (ПЭ), фторопласты (Ф), и др. Все эти материалы имеют значение диэлектрической проницаемости порядка 2.

Для изолирования ТПЖ ВЧ кабелей чаще используются фторопласты. Связи между атомами фтора и углерода фторполимеров очень прочные (энергия связи 100ккал/моль). Поэтому фторопласты отличаются очень высокой химической и коррозионной стойкостью, а также обладают отличной атмосферостойкостью, теплостойкостью и морозостойкостью. Фторопласты негорючи или самозатухают при возгорании, имеют низкий коэффициент трения, очень низкое водопоглощение и газопроницаемость, хорошие диэлектрические характеристики и высокую электрическую прочность.

Политетрафторэтилен (ПТФЭ) обладает температурой плавления $327-342$ °С, сравнимой с температурой термодеструкции, что не позволяет перерабатывать его экструзией. Для снижения температуры стеклования, в молекулу фторполимера вводят сегменты или радикалы, которые повышают конформационную подвижность. Такие сополимеры имеют температуру плавления $260-270$ °С и могут экструдироваться [4].

Фторполимеры имеют ряд недостатков, ограничивающих широкое применение. Сдерживающие факторы можно разделить на три группы: технические, экологические и экономические. Технические факторы проявляются в хладотекуности материала (развитие пластической деформации под давлением при температуре значительно ниже температуры размягчения), в низкой теплопроводности, в слабой адгезии к поверхностям материалов и изделий. Экологические проблемы вызваны большим количеством отходов в производстве, сложностью вторичной переработки отходов и их уничтожения. Экономический фактор выражается в высокой стоимости материала по сравнению с углеводородными полимерами, а также в необходимости использования специального дорогостоящего оборудования для экструзии фторопластов. Это основное ограничение более широкого использования фторполимеров.

В то же время, фторполимеры обладают рядом достоинств, отличающих их от других полимеров [5]:

- сохранение эксплуатационных характеристик в широком температурном интервале, от $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+260\text{ }^{\circ}\text{C}$, что является большой редкостью для полимеров;

- материал легко подвергается механической обработке, что позволяет достаточно просто изготавливать из него различные изделия;

- повышенная механическая прочность;

Так как разрабатываемый ВЧ кабель должен выдерживать высокие механические нагрузки, в частности изгибающие, применение фторопластов является необходимым условием.

В качестве материала изоляции кабеля марки КВСФ использовался до недавнего времени термопластичный фторполимер Ф-4МБ (сополимер фторированный этилен-пропиленом - ФЭП). ФЭП может перерабатываться экструзией и литьем из расплава. ФЭП превосходит по нагревостойкости все остальные фторорганические полимеры, кроме ПТФЭ и ПФА. Диапазон рабочих температур: $-190..+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ [6].

Для улучшения значения коэффициента затухания сигналов и увеличения гибкости кабеля предполагается замена изоляционного материала Ф-4МБ на Ф-50 (сополимер тетрафторэтилена с перфтор-(алкилвиниловыми) эфирами - ПФА).

ПФА также может перерабатываться методом экструзии, литья. Диапазон рабочих температур: $-196..+250\text{ }^{\circ}\text{C}$. По механическим свойствам при высоких температурах ПФА превосходит ФЭП. Диэлектрические свойства полимера достаточно высоки, что позволяет

применять его в качестве высокочастотного диэлектрика [6].

Приведем сравнительную таблицу основных технических характеристик термопластичных фторполимеров Ф-4МБ и Ф-50 [7].

Таблица 1. Основные технические характеристики фторполимеров Ф-4МБ и Ф-50

Свойства	Ф-4МБ	Ф-50
Физико-механические свойства		
Модуль упругости при статическом изгибе, МПа, при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$	540-590	450-700
Термические свойства		
Температура плавления, $^{\circ}\text{C}$	270-290	300-310
Температура разложения, $^{\circ}\text{C}$	400	470
Электрические свойства		
Электрическая прочность, кВ/мм	25-35	35-40
Диэлектрическая проницаемость при 10^3 Гц	1,9-2,1	2,1-2,2

Таким образом, замена материала изоляции ВЧ кабеля с ФЭП на ПФА, а также увеличение количества скручиваемых проволок в ТПЖ с 7 до 19, снизит значение коэффициента затухания сигналов при их передаче и увеличит класс гибкости кабельного изделия.

Список литературы:

1. Белоруссов Н.И., Саакян А.Е., Яковлева А.И. Электрические кабели, провода и шнуры: справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 536с.
2. Каталог продукции//ОАО «ОКБ КП». – Режим доступа: <http://www.okbkr.ru>
3. Коаксиальные кабели для индивидуального и коллективного приема//ООО «Арстел». – Режим доступа: <http://www.arstel.com/ru/articles/art1p11.php>
4. Каталог полимеров//Специализированный ежемесячный журнал «Полимерные материалы. Изделия, оборудование, технологии» – Режим доступа: <http://www.polymerbranch.com>
5. Бузник В.М. Состояние отечественной химии фторполимеров и возможные перспективы развития.//Российский химический журнал, т. LI – 2008г. - №3. – с.7.
6. Дикерман Д.Н., Кунегин В.С. Провода и кабели с фторопластовой изоляцией. – М.: Энергоиздат, 1982. – 144с.
7. Термопластичные фторполимеры//Отдел фторполимеров ОАО «Пластполимер». – Режим доступа: <http://plastpolymer.org/index.html>

ПОЛУЧЕНИЕ СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ В СПЛАВЕ Zr-1Nb МЕТОДОМ ВСЕСТОРОННЕЙ КОВКИ СО СМЕНОЙ ОСИ ДЕФОРМАЦИИ

К.А. Просолов, Г.П. Грабовецкая, Е.Н. Степанова

Научный руководитель: Г.П. Грабовецкая, д.ф.-м.н., в.н.с.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: inhaleofj@gmail.com

Одним из наиболее используемых материалов для оболочек твэлов в современной атомной энергетике, являются циркониевые сплавы. Для существующих реакторов (Балаковская АЭС, Калининская АЭС, Кольская АЭС, Нововоронежская АЭС, Ростовская АЭС, Запорожская АЭС и т.д.) успешно используется циркониевый сплав Zr-1Nb. Однако, при эксплуатации в условиях нейтронного поля прочностные характеристики данного сплава недостаточны. Кроме того, сплав Zr-1Nb в случае кипения теплоносителя имеет недостаточную коррозионную стойкость, что, в свою очередь, ограничивает возможность развития реакторов схожего типа. В этой связи для обеспечения безопасной эксплуатации энергетических реакторов нового поколения ВВЭР с выгоранием топлива 70-75 МВт-сут/кг существует необходимость повышения механических свойств и коррозионной стойкости сплава Zr-1Nb.

Одним из способов повышения механических свойств металлических материалов является формирование в них нано- и субмикроструктур. Согласно принятой терминологии под нанокристаллическими материалами принято понимать такие материалы, у которых величина среднего размера основного элемента структуры хотя бы в одном измерении не превышает 100 нм. В субмикроструктурных материалах размер зерен колеблется от 0,1 до 1 мкм. Необычность кристаллической структуры таких материалов приводит к проявлению у них принципиально новых физико-химических и механических свойств. Такие материалы обладают высокой прочностью при сохранении удовлетворительного уровня пластичности, в них часто наблюдается изменение фундаментальных, обычно структурно нечувствительных характеристик: модулей упругости, температуры Кюри и Дебая и др. В некоторых работах [1] отмечается повышение коррозионной стойкости и однородности коррозионного повреждения материала при формировании в нем ультрамелкозернистого состояния.

К настоящему времени разработан ряд методов получения нано- и субмикроструктурных материалов [2]. Среди них можно отметить следующие методы: электроосаждения, быстрой закалки, компактирования нано размерных порошков с последующей горячей экструзией заготовок, методы интенсивной пластической деформации и другие. Наибольший интерес с практической точки зрения представляют методы интенсивной

пластической деформации (ИПД), позволяющие получить в объемных заготовках беспористое субмикроструктурное состояние, являющееся структурой зеренного типа (размер зерен 0,1-0,5 мкм) и содержащей преимущественно большеугловые границы зерен.

Целью работы является получение субмикроструктурной структуры в сплаве Zr-1Nb одним из методов интенсивной пластической деформации – методом всестороннего прессования.

В исходном состоянии образцы сплава имели форму прутков размерами ~20 мм в диаметре и высотой ~35 мм. Металлографические исследования микроструктуры слитка показали, что в его поперечном сечении сформирована равноосная зеренная структура α -фазы Zr (ГПУ) с размером зерен 2-4 мкм (рис. 1).

Методом рентгеноструктурного анализа было установлено наличие в сплаве кристаллографической текстуры. Преимущественное кристаллографическое направление [100] α -фазы Zr совпадает с продольной осью стержня. Кроме α -фазы Zr в сплаве обнаруживается фаза Nb(Zr) (ОЦК) и некоторое количество β -фазы Zr (ОЦК) или твердого раствора на ее основе Nb или примесей, присутствующих в сплаве. Возможно также присутствие в сплаве в небольших количествах твердого раствора на основе α -фазы Zr. Эти фазы в виде частиц округлой формы располагаются в объеме и на границах зерен α -фазы Zr. Размеры частиц указанных фаз изменяются от нескольких десятков нанометров до нескольких микрон. Наиболее крупные частицы – это выделения фазы Nb(Zr).

Прессование сплава было проведено при комнатной температуре за три цикла с промежуточными отжигами. Каждый цикл состоял из трех прессований. Между циклами образцы отжигали при температуре 823 К, 1 час. Суммарную деформацию сплава определяли как:

$$\sum \ln\left(\frac{l^*i}{l^*i} - 1\right),$$

где l – длина стороны осаживания; i – номер прессования. Общая деформация образца после трех циклов прессования составляла ~3.

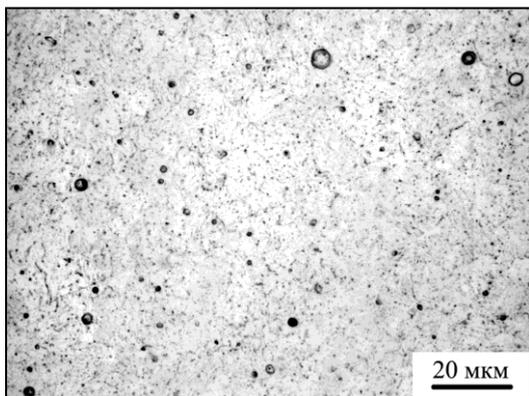


Рис. 1. Микроструктура циркониевого сплава Э110

Рентгеноструктурные исследования показали, что кристаллографическая текстура существенно уменьшается. Фаза Nb(Zr) в виде отдельных частиц округлой формы сохраняется. Начальная микротвердость материала Zr-1Nb = $(1,3 \pm 0,2)$ ГПа.

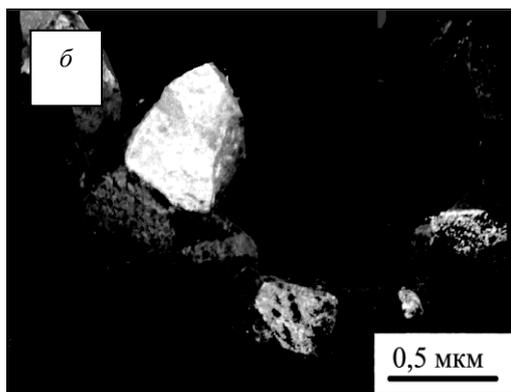
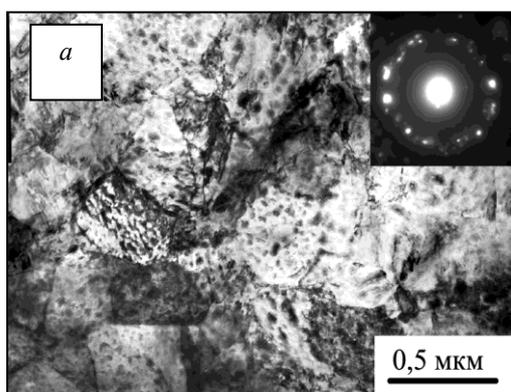


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение микроструктуры сплава Zr-1Nb-0,22Nb после интенсивной пластической деформации
а – светлое поле и микродифракция; б – темное поле

Электронно-микроскопические исследования показали, что в результате деформации по указанному режиму в сплаве Zr-1Nb формируется субмикроструктурная структура с преимущественно большеугловыми границами зерен (рис. 2). Из рис. 2, а видно, что на электроннограммах такой структуры, снятой с

площади $1,2 \text{ мкм}^2$, наблюдается значительное количество рефлексов, равномерно расположенных по окружности. Это свидетельствует о наличии в структуре большого числа элементов зеренно-субзеренной структуры в единице объема и существенной разориентации между ними. Размер зерен, определенный по темнопольному изображению (рис. 2, б), изменяется в интервале 0,3-0,8 мкм.

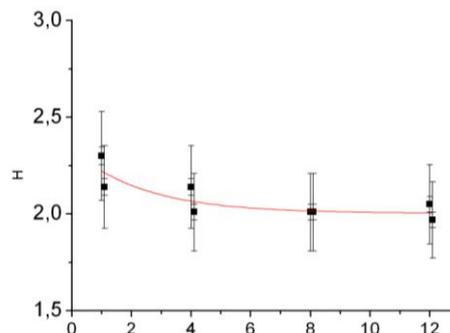


Рис. 3. График измерения микротвердости вдоль поверхности образца, где L – расстояние от конца образца, H – микротвердость образца

Сравнительные измерения микротвердости показали, что в результате всестороннего прессования по указанному режиму микротвердость увеличивается с $(1,3 \pm 0,2)$ ГПа до $(2,3 \pm 0,2)$ ГПа (Рис. 3).

Таким образом, проведенные исследования показывают, что метод всестороннего прессования со сменой оси деформации позволяет получить в сплаве Zr-1Nb субмикроструктурную структуру с размером зерен 0,3-0,8 мкм. Создание материала с данной структурой обеспечивает достижение механических свойств предъявляемых техническими требованиями к материалам оболочек твэлов. Так образцы сплава Zr-1Nb после всестороннего прессования имеют микротвердость на уровне $(2,3 \pm 0,2)$ ГПа. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение термической стабильности, созданной в результате ИПД структуры, в диапазоне температур эксплуатации материалов в ядерном реакторе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русин Н.М. Гирсова С.Л. Гоглев С.М. Влияние температуры на структуру и деформационные характеристики сплава Э110 при ковке с переменной осей осадки // Физическая мезомеханика.–2006.–спец выпуск.– С 197–200.
2. Колобов Ю.Р., Валиев Р.З., Грабовецкая Г.П. и др. Зернограничная диффузия и свойства наноструктурных материалов. – Новосибирск: Наука, 2001.

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ И ОКСИНИТРИДОВ ТИТАНА НА КЛЕТОЧНУЮ АДГЕЗИЮ

Пустовалова А.А., Конищев М.Е., Морозова Н.С.

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. В.Ф.Пичугин
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: a.a.pustovalova@yandex.ru

За последнее время тканевая инженерия и регенеративная медицина, как области научных исследований достигли больших успехов в развитии. Были усовершенствованы технологии производства биомедицинских имплантатов, которые сегодня получили значительное клиническое применение при лечении различных заболеваний и травм. Однако и по сей день насущной остается проблема предотвращения отрицательного влияния имплантата на окружающие его органы и ткани. Наиболее распространенной причиной смертности в России сегодня являются заболевания сердечнососудистой системы, главным образом, инфаркт миокарда, который возникает в результате блокирования коронарной артерии. Решением данной проблемы является процедура расширения просвета сосуда с помощью стентирования. Тем не менее, 10-20% пациентов страдают от повторного сужения сосуда. Нанесение на поверхность стента полимерных покрытий, способных испускать лекарственные средства, привело к сокращению случаев рестеноза, однако привело к возникновению тромбозов. Снижение риска возникновения тромбозов становится возможным с применением биосовместимых пленок на основе оксидов и оксинитридов титана, способных улучшить антитромбогенные свойства сердечнососудистых имплантатов [1]. При этом физико-механические свойства и морфология поверхности покрытия играют важную роль при взаимодействии стента с кровью и окружающей тканью. Поэтому данные параметры подлежат тщательному изучению.

Одним из эффективных методов формирования покрытий оксидов и оксинитридов титана является магнетронное распыление.

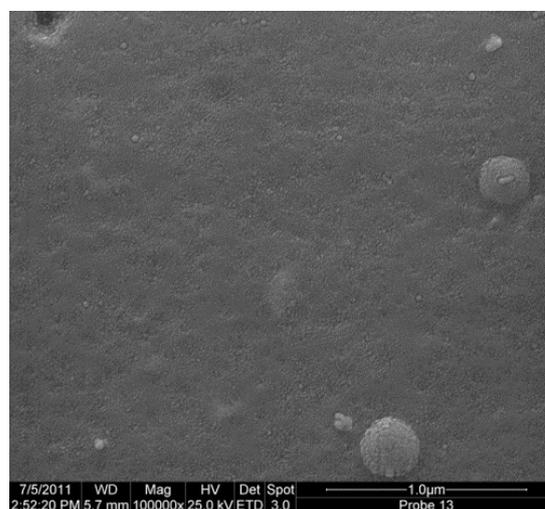
Целью работы является изучение влияния морфологии и физико-механических свойств биосовместимых покрытий на основе оксидов и оксинитридов титана нанесенных методом реактивного магнетронного распыления на поведение клеток человека на данных покрытиях.

Пленки наносились на образцы из нержавеющей стали медицинского назначения 12Х18Н10Т размером 10х10 мм [2] при помощи установки магнетронного распыления УВН-200МИ, рабочее давление составляло 0.5 Па, распыление производилось в атмосфере чистого кислорода или в смеси кислорода с азотом.

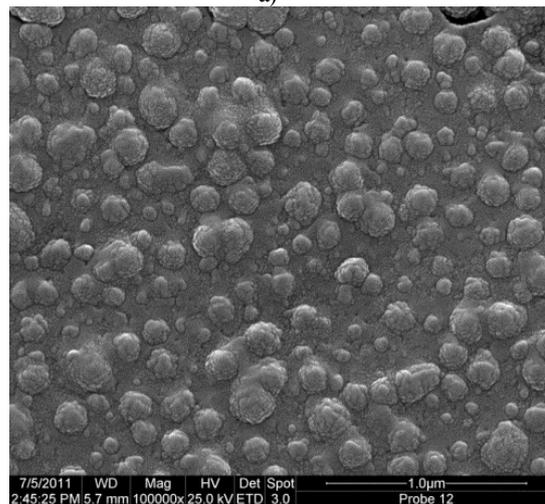
Исследования морфологии покрытий были проведены с помощью сканирующего электронного микроскопа ESEM Quanta 400 FEG. Значение шероховатости поверхности покрытий определялось с помощью профилометра-профилографа "Talysurf 5M". Параметр Ra рассчитывался как среднее арифметическое значение пяти измерений в разных точках одного образца. Смачиваемость поверхности определялась по контактному углу θ методом «сидячей капли» с помощью прибора EasyDrop. Объем капли деионизированной воды составлял

3 мкл для всех измерений. Для исследования на цитотоксичность были выбраны образцы нержавеющей стали без покрытия и образцы с покрытиями оксидов и оксинитридов титана, нанесенными в течение 90 минут. В экспериментах использована клеточная линия остеобластоподобной остеосаркомы MG63 человека. Длительность исследования составила 7 дней.

Исследования морфологии покрытий, являющейся одним из важных параметров, определяющих адгезию клеток к поверхности, показывает, что полученные покрытия являются однородными и не содержат видимых дефектов (рисунок 1). Мелкозернистую структуру покрытий формируют сферические фрагменты («зерна»).



а)



б)

Рис. 1. СЭМ изображения поверхности: а) TiO_2 и б) Ti-O-N (90 мин)

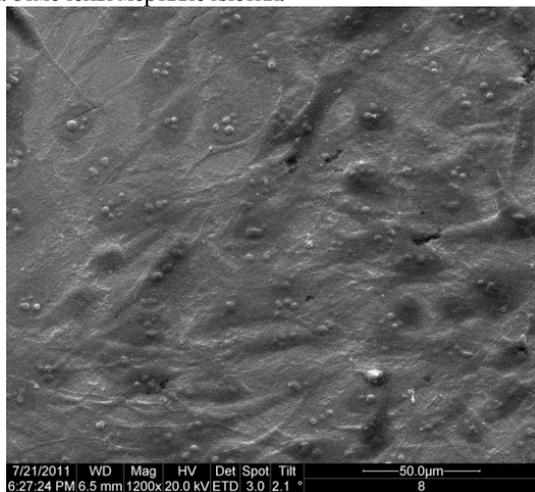
Результаты измерения шероховатости Ra и контактного угла смачивания θ представлены в таблице 1. Наблюдается низкая гидрофобность для покрытия TiO_2 и

схожее значение гидрофобности для Ti-O-N покрытия. Для расчета поверхностной энергии σ использовались данные контактного угла смачивания. Шероховатость полученных покрытий соответствует высоким классам 12a и 11b, при шероховатости подложки 12b. Наблюдаемое незначительное ухудшение шероховатости обусловлено особенностью роста покрытий [3].

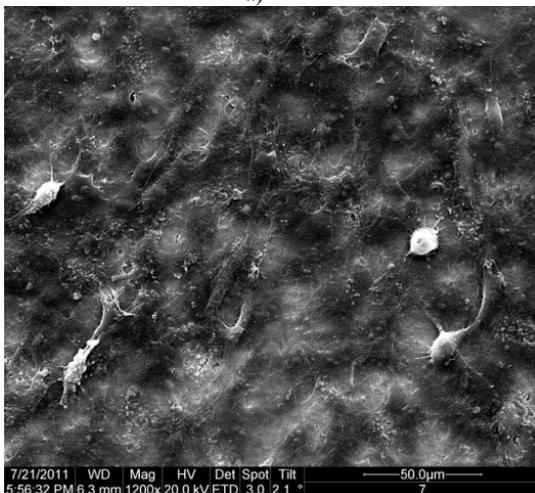
Таблица 1. Значения шероховатости и смачиваемости покрытий TiO₂ и Ti-O-N. Ra – шероховатость, Θ_v – контактный угол смачивания, σ – поверхностная энергия.

Покрытие	Ra, нм	$\Theta_v, ^\circ$	σ , мДж/м ²
TiO ₂	39	99±2	24±1
Ti-O-N	54	108±2	23±1

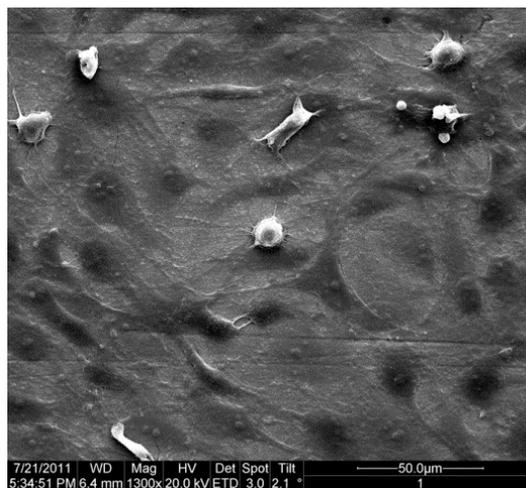
По результатам экспериментов на цитотоксичность видно, что на всех поверхностях присутствуют «прилипшие» клетки (рисунок 2) разной концентрации и размеров. Белым цветом отображены мертвые клетки. Можно отметить, что концентрация клеток на поверхности стали и оксинитрида титана выше, нежели на поверхности покрытия оксида титана, что говорит о плохой адгезии клеток к данному типу покрытия. Мертвые клетки полностью отсутствуют на поверхности стали, в то время как на поверхности оксида и оксинитрида титана отмечены мертвые клетки.



а)



б)



в)

Рис. 2. СЭМ изображения поверхности нержавеющей стали (а) и покрытий TiO₂ (б) и Ti-O-N (в) после нахождения в клеточной среде MG63

В результате исследования были получены покрытия на основе оксида и оксинитрида титана методом реактивного магнетронного распыления. Покрытие на основе оксида и оксинитрида титана имеют высокий класс шероховатости, а так же низкое значение гидрофобности. Покрытие на основе оксида титана обладает низким значением адгезии клеток по сравнению с оксинитридом титана или чистой поверхностью стали. Наиболее благоприятной для «приживания» клеток является поверхность стали, в то время как покрытия TiO₂ и Ti-O-N токсичны для данных клеток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. N. Huang, P. Yanga, Y.X. Leng, et.al. Hemocompatibility of titanium oxide films // *Biomaterials* 24 (2003) p. 2177-2187.
2. Быкова Ю.В., Морозова Н.С., Конищев М.Е. Исследование поверхностных свойств покрытий на основе оксинитридов титана, осажденных методом реактивного магнетронного распыления // XVIII 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 Политехнического Университета, 2012 – с. 129-130.
3. Гребнева И.А., Морозова Н.С., Конищев М.Е. Исследование морфологии биосовместимых покрытий на основе оксидов и оксинитридов титана // XVIII 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 Политехнического Университета, 2012 – с. 139-140.
4. J.I. Rosales-Leal, M.A. Rodríguez-Valverde, G. Mazzaglia, P.J. Ramón-Torregrosa, et al. Effect of roughness, wettability and morphology of engineered titanium surfaces on osteoblast-like cell adhesion // *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 365 (2010) p. 222–229.

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ЭЛН- ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ Ti-Si-B

Пухова И.В.¹, Лепакова О.К.², Гальченко Н.К.³, Колесникова К.А.³

Научный руководитель Гальченко Н.К., к.т.н., с.н.с.

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

²Томский научный центр СО РАН, Отдел структурной макрокинетики, Томск

³Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, пр.Академический, 2/4
E-mail: efros-15@mail.ru

Разработка многокомпонентных композиционных покрытий на основе тугоплавких соединений направлена на повышение износо- и коррозионной стойкости поверхностных слоев без существенного увеличения стоимости упрочняемых изделий из различных металлов и сплавов. Как показано в [1] на системе Ti-B-Fe, технология электронно-лучевой наплавки (ЭЛН) позволяет наиболее полно реализовать основные условия создания износостойких покрытий на основе боридов титана с ярко выраженной гетерогенной структурой, обеспечивая регулируемый переход от покрытия к основе с прочностью сцепления, сравнимой с прочностью основного материала. Результаты исследований показали высокую износостойкость ЭЛН-покрытий, находящуюся на уровне традиционных твердых сплавов ВК15. В то же время наличие в структуре наплавки железной матрицы не обеспечивает им коррозионную стойкость при температурах выше 773 К.

В настоящей работе представлены результаты исследования структуры, фазового состава и свойств покрытий системы Ti-B-Si, полученных электронно-лучевой наплавкой в вакууме. Замена железа кремнием имела целью создать износостойкие покрытия с повышенным уровнем коррозионной стойкости. Кроме того, композиционные материалы этой системы перспективны для получения покрытий на титановых сплавах. В работе [2] в нанокристаллических покрытиях системы Ti-B-Si, полученных вакуумно-плазменным методом с сепарацией плазмы от капельной фракции, обнаружена фаза Ti_3SiB_2 с наноламинатной структурой. Эта фаза является аналогом карбосилицида титана Ti_3SiC_2 , обладающего высокой жаро – эрозийной и коррозионной стойкостью. В связи с этим представляло также интерес исследовать возможность получения МАХ-фазы Ti_3SiB_2 в процессе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) и в покрытиях после электронно-лучевой наплавки композиционных порошков системы Ti-B-Si, полученными из продукта синтеза.

Методика эксперимента. Методом СВС из порошковых смесей получали композиционные материалы, рассчитанные на состав 3Ti-Si-2B. Порошки для наплавки покрытий готовили размолотом СВС – материалов в шаровой мельнице до размера 50-150 мкм.

Наплавку производили в 2÷4 прохода на подложки из Ст.45 и титанового сплава ВТ6 размером 100×25×3 мм. Ускоряющее напряжение, диаметр и длина развертки электронного луча, скорость перемещения подложки не изменялись и составляли соответственно: 28 кВ/мм, 1мм, 20 мм и 2 мм/с. Плотность мощности в луче составляла $10^4 - 10^5$ Вт/см². Объем расплавленной ванны варьировался в пределах 15-20 мм³. Толщина наплавленного слоя достигала 3-4 мм.

Фазовый состав СВС-материалов и ЭЛН-покрытий исследовали на дифрактометре ДРОН-2 в излучении $K_{\alpha}Co$. Микроструктурные исследования спеченных образцов и покрытий проводили на оптическом (Unimet) и растровом электронном (Philips SEM 515) микроскопах. Качественный рентгеноспектральный анализ осуществляли на микроанализаторе «Camebax Microbeam»

Результаты эксперимента и обсуждение.

Покрытие Ti –Si –B. Для электронно-лучевой наплавки был использован СВС – порошок, рассчитанный на состав 3Ti-1.2Si-2B. Поскольку в процессе СВС значительное количество кремния теряется, его концентрацию увеличили относительно стехиометрического состава Ti_3SiB_2 на 20%.

Рентгеноструктурным анализом установлено, что фазовый состав покрытия отличается от состава наплавленного порошка, что характерно для процесса ЭЛН и обусловлено фазовыми превращениями в условиях активного взаимодействия компонентов порошка с титановым расплавом (материалом подложки). Из анализа дифрактограммы, изображенной на рис.1.а, следует, что основными фазами в СВС-порошке являются TiB_2 и $TiSi_2$. Рентгенограмма, представленная на рис.1.б, характеризует многокомпонентный состав поверхностного слоя ЭЛН-покрытия, в котором наряду с TiB_2 дополнительно появляются фазы Ti_6SiB_2 и $\alpha-Ti$. Как в СВС – порошке, так и в покрытии МАХ-фаза Ti_3SiB_2 не обнаружена. Приведенные в работе [2] данные, на наш взгляд, не содержат убедительного доказательства образования фазы Ti_3SiB_2 в СВС – катодах и в вакуумно-плазменных покрытиях.

Микроструктура ЭЛН – покрытия представлена на рисунке 2. При анализе поперечного шлифа установлено, что в процессе наплавки сформировалась неоднородная структура по глубине слоя: частицы диборида титана с переменной объемной плотностью

распределены по толщине покрытия. В участках, прилегающих к границе раздела со стороны покрытия, наблюдаются конгломераты частиц по твердости ($H_{\mu}=28\text{ГПа}$) и размерам (50-150 мкм) соответствующие исходным частицам наплавляемого СВС-порошка.

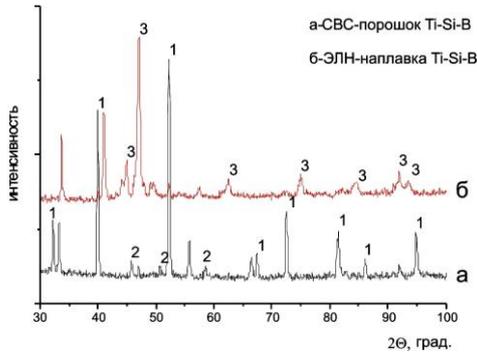


Рис. 1. - Рентгенографические спектры композитного СВС –порошка (1) и поверхности ЭЛН- покрытия (2). 1 –TiB₂, 2 – TiSi₂, 3 – α -Ti, 4- Ti₆Si₂B₂.

Наибольшее количество боридов (~20 мас.%), имеющих размер 5-12 мкм, содержится в приповерхностном слое покрытия. По данным РФА, металлическая связка сформированного покрытия может быть представлена, по крайней мере, двумя эвтектиками: двойной- Ti₆Si₂B- β-Ti и тройной- Ti₆Si₂B- Ti₅Si₃- β-Ti. Очевидно, что появление легкоплавких эвтектик значительно ускоряет процессы взаимодействия компонентов между собой и на границе раздела с подложкой. Об этом свидетельствует наблюдаемая непосредственно под границей раздела (в местах формирования ванны расплава) измененная волнообразная структура, которая, вероятно, обусловлена диффузией продуктов наплавки в титановую подложку. Неоднородность структуры наплавки системы 3Ti-1,2Si-2B также подтверждает скачкообразное распределение микротвердости по сечению напавленного слоя, где максимум значений соответствует скоплениям боридов титана ($H_{\mu}=28-32\text{ГПа}$), а минимум твердости приходится на металлическую связку эвтектического типа и находится в диапазоне $H_{\mu}=6-15\text{ГПа}$ (рис.3).

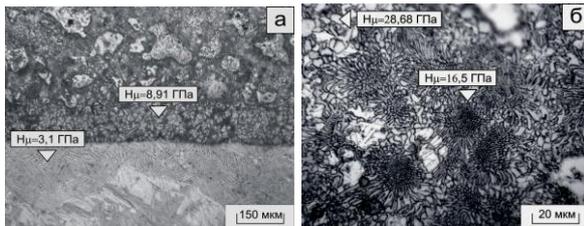


Рис.2. - Микроструктура ЭЛН-покрытия системы 3Ti-1,2Si 2B: а- у границы раздела с подложкой из сплава ВТ6; б- в приповерхностной зоне напавленного слоя.

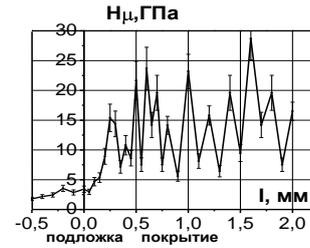


Рис.3. Распределение микротвердости в системе «подложка ВТ-6 - покрытие 3Ti-1,2Si-2B»

В таблице приведены результаты исследований абразивной и коррозионной стойкости ЭЛН-покрытий системы 3Ti-1,2Si-2B. Для сравнительного анализа проводили аналогичные испытания на образцах с ЭЛН-покрытиями состава TiB₂-30%Fe.

Относительная износостойкость ($K_{и}$) и привес образцов с покрытиями (мг/мм²) за время экспозиции 144 ч. при 1073 К.

№№	Материал покрытия	$K_{и}$	Привес, мг/мм ²
1	TiB ₂ -30%Fe	4,85	25,0
2	3Ti-1,2Si-2B	9,6	6,5

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что по уровню износо-и коррозионной стойкости исследуемые в работе ЭЛН - покрытия можно расположить в порядке их возрастания в следующей последовательности: TiB₂-30%Fe → 3Ti-1,2Si-2B.

Заключение. Использование для электронно-лучевой наплавки СВС-порошков системы Ti-Si-B обеспечивает формирование на стальных и титановых подложках беспористых композиционных покрытий «бориды титана-металлическая связка» с многофазной градиентной структурой. Высокие значения микротвердости боридов титана, их мелкодисперсное распределение в структуре матрицы эвтектического типа, наиболее высокие характеристики износостойкости и коррозионной стойкости покрытий дают основания рекомендовать СВС-порошок системы 3Ti-1,2Si-2B для практического применения – поверхностного упрочнения методом электронно-лучевой наплавки в вакууме изделий из титановых сплавов.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука».

Литература:

1. Гальченко Н.К., Колесникова К.А., Белюк С.И. Особенности формирования вакуумных электронно-лучевых покрытий системы Ti-B-Fe и их трибологические характеристики // Упрочняющие технологии и покрытия. 2007.- №9.-С. 43-47.
2. Получение нанокристаллических эрозионно - коррозионно стойких покрытий, содержащих МАХ-фазу, на поверхности деталей из титановых сплавов / Вестник МАИ. Т. 17

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ИНЕРТНЫХ АНОДОВ НА ТОКОПРОВОДЯЩЕЙ ОСНОВЕ С ПОКРЫТИЯМИ, ПОЛУЧЕННЫМИ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Рахматулина Т.В., Колесникова К.А., Гальченко Н.К.

Научный руководитель Гальченко Н.К., к.т.н., с.н.с.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, пр.Академический, 2/4

E-mail: rakhmatulina.tanya@gmail.com

В настоящее время разработка инертного (нерасходуемого) анода является одной из приоритетных проблем в производстве алюминия. В процессе электролиза при получении алюминия расходуется большое количество угольных (графитовых) анодов, происходит зашламливание ванны, загрязнение Al углеродом, окружающей среды газами CO_2 и CO. Учитывая современные масштабы производства алюминия, это определяет актуальность проблемы создания инертного (нерасходуемого) анода. Ее решение позволяет повысить экономическую эффективность и оказать положительное влияние на развитие технологии получения алюминия.

Трудные условия эксплуатации и требования хорошей электропроводности ограничивают выбор материалов для изготовления инертных анодов. Несмотря на то, что для инертных анодов запатентовано большое количество материалов, ни один из них до настоящего времени не нашел промышленного применения. Известно, что проводятся исследования по созданию нерасходуемых анодов из металлов, керметов, оксидов и керамики [1]. Особый интерес для изготовления нерасходуемых анодов представляют оксиды кобальта, которые должны иметь минимальную растворимость в электролите и обладать достаточной электропроводностью.

Перспективным способом формирования слоя кобальтового сплава на металлической подложке является электронно-лучевая порошковая металлургия [2,3].

Целью работы является – исследование возможности создания инертных анодов на токопроводящей основе с покрытиями, полученными методом электронно-лучевой наплавки в вакууме.

Материалы и методы исследований

Режимы оплавления на электронно-лучевой установке ЛУНА-9 отработывали на составах Co, Co-Mo, Co-Ta, которые наносили в виде обмазок на стальные подложки. В качестве предварительных режимов оплавления, показавших удовлетворительное качество всех оплавленных слоев, были выбраны следующие параметры: $U=24\text{кВ}$, $I=60\text{мА}$, диаметр электронного пучка $d=1\text{ мм}$, скорость перемещения $V=3\text{ см/сек}$.

Легирующие элементы наносили на поверхность подложек из нержавеющей стали 12X18H10T толщиной 10 мм в виде порошковых

обмазок на спиртовой связке. Толщина слоя обмазки составляла 0,9-1,0 мм.

Результаты исследования

Для исследования возможности получения покрытий на стальных подложках с максимальной концентрацией кобальта в поверхностном слое были проведены эксперименты по получению однослойных и трехслойных покрытий без добавления и с добавлением легирующих элементов (Ta, Mo), а также изучено влияние барьерного слоя из Mo. Металлографический анализ показал, что в однослойном кобальтовом покрытии при оплавлении сформировалась однородная мелкозернистая структура с размером зерна 15-20 мкм. В 3-х слойном покрытии зерна приняли вытянутую форму и увеличились в размерах (до 25 мкм в поперечном сечении). В том и другом случае в структурах покрытий выявлены трещины, расположенные в зонах перекрывтия оплавленных дорожек (рис.1). Микрорентгеноспектральный анализ показал, что при формировании однослойных и трехслойных покрытий при электронно-лучевом оплавлении произошло значительное перемешивание материалов покрытия и подложки. Так, в покрытиях содержание железа достигало 45-55мас.%, хрома-10-12мас.%, никеля-5-8мас.%; кобальта-25-45мас.% (рис. 2).

Эксперимент также показал, что с увеличением количества наносимых слоев увеличивается доля кобальта в приповерхностном слое покрытия. Наиболее высокая концентрация кобальта, составляющая 45мас.% Co, зафиксирована в приповерхностном слое трехслойного покрытия.

Результаты сравнительных структурных исследований однослойных покрытий систем Co-Mo, Co-Ta (5, 10% легирующего элемента), проведенные методом металлографического анализа, показали, что в данных структурах, в отличие от покрытий из чистого кобальта, трещины не обнаружены.

Следует лишь отметить, что у покрытия Co-5%Mo сформировалась более крупнозернистая микроструктура со средним размером зерна $\approx 25\text{ мкм}$. Наибольший эффект измельчения структуры был отмечен при формировании кобальтового покрытия с 5мас.%Ta.

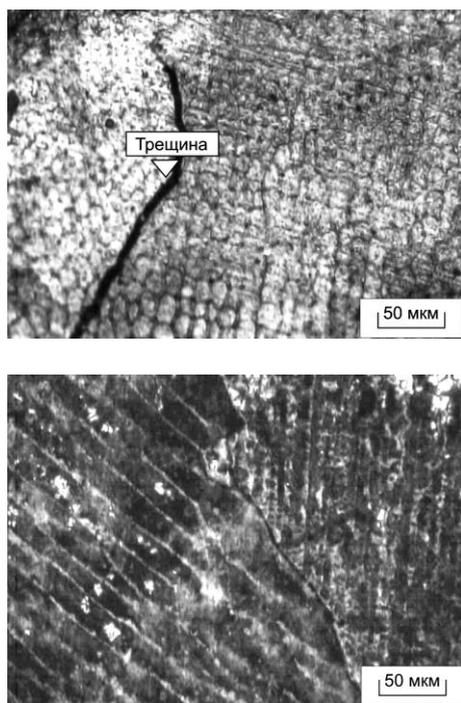


Рис. 1 Микроструктура в однослойном (а) и трехслойном (б) покрытии.

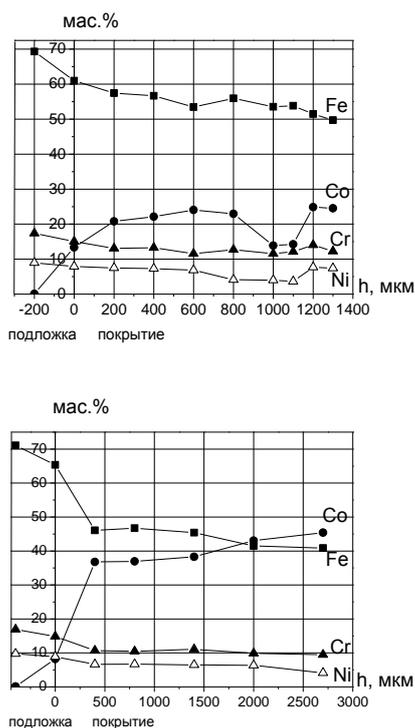


Рис. 2 Распределение легирующих элементов в однослойном (а) и трехслойном (б) покрытии.

Для увеличения концентрации кобальта в приповерхностных слоях покрытий были использованы технологические приемы, заключающиеся в предварительном нанесении на подложку барьерного слоя из Мо, на который, после электронно-лучевого оплавления наносился слой кобальта.

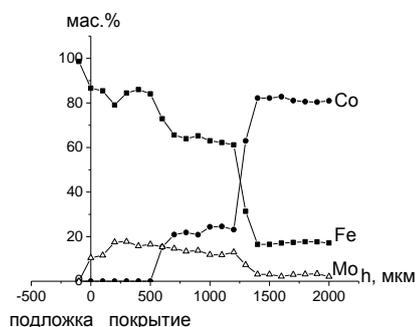


Рис.3. Распределение легирующих элементов по глубине слоя. Двухслойное кобальтовое покрытие с барьерным слоем из молибдена.

Анализ полученных результатов показал, что использование подслоя из молибдена является эффективным технологическим приемом, который позволяет повысить содержание кобальта в поверхностных слоях до 60-80мас.% и более, и в два раза снизить концентрацию железа по сравнению с вариантами покрытий, нанесенных на подложки без барьерных слоев.

Литература:

1. Ведерников Г.Ф. Инертные аноды в электролизерах для производства алюминия. Проблемы и перспективы // Информационный бюллетень, Санкт-Петербург, 2000.- №5(11).-45с.
2. Гальченко Н.К., Белюк С.И., Колесникова К.А., Панин В.Е., Лепанова О.К. Структура и триботехнические свойства боридных покрытий, полученных электронно-лучевой наплавкой // Физическая мезомеханика.-8.- Спец выпуск.-2005.-С.133-136.
3. Гальченко Н.К., Дампильон Б.В., Самарцев В.П., Белюк С.И. Формирование структуры и свойств композиционных литых покрытий, полученных электронно-лучевой наплавкой в вакууме. //Литейщик России.- 2002. - №2.- С.38-41.

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СИСТЕМЫ «МЕДЬ-ТАНТАЛ»

Ромашова Ю.Н., Скороход К.А.

Научный руководитель: Мали В.И., к.ф.-м.н., профессор
Новосибирский государственный технический университет,
630092, Россия, г.Новосибирск, пр. К.Маркса, 20
E-mail: julevern@inbox.ru

Развитие современных направление в области авиа- и машиностроения приводит к тому, что традиционные материалы перестают удовлетворять предъявляемым к ним требованиям по прочности, жаропрочности, способности работать в агрессивных средах. В связи с этим актуальным является создание слоистых композитов из разнородных материалов, обладающих комплексом необходимых свойств.

Тантал-медные композиционные материалы находят широкое применение в энергетике, атомной и ядерной промышленности в качестве переходных элементов конструкций. Несмотря на высокие пластические свойства этих материалов получение качественного бездефектного соединения достаточно затруднительно, что связано в первую очередь с существенным различием физико-механических свойств. Эффективным методом, способствующим соединению разнородных материалов, является сварка взрывом. Данное исследование направлено на получение качественного соединения тантала и меди методом сварки взрывом.

Для получения сварных соединений использовали пластины меди толщиной 2 мм, тантала толщиной 1 мм. Сварка взрывом осуществлялась по следующим режимам: скорость точки контакта пластин – 3,8 км/с, угол соударения пластин – $6^{\circ}30'$. Исследование микроструктуры выполнялось методами оптической и растровой электронной микроскопии. Концентрация элементов в сварном соединении определялась методом микрорентгеноспектрального анализа. Изучение дислокационной структуры и мелкодисперсных частиц в зонах сварных швов осуществлялся методом просвечивающей электронной микроскопии.

Микроструктура соединения медь-тантал, полученного по технологии сварки взрывом, представлена на рис. 1. Граница сопряжения заготовок имеет волнообразную форму. Во всём сечении образца наблюдается асимметричный волновой профиль, обусловленный различием физических и механических свойств свариваемых материалов. Чистые элементы этой системы имеют различные кристаллические структуры и нулевую растворимость в твердом состоянии. Температура плавления меди и тантала также различна: 1083 и 3017 °С соответственно.

В зоне сварного шва зафиксирована область перемешивания меди и тантала, ширина которой

изменяется в пределах от 10 до 50 мкм. Энергодисперсионный анализ элементов в области перемешивания показал, что содержание меди составляет 60 %, а содержание тантала – 40 %.

Методом просвечивающей электронной микроскопии было установлено, что область перемешивания взаимодействующих материалов представляет собой медную матрицу, а также случайно распределенные частицы тантала. Эти частицы имеют преимущественно глобулярную форму размером ~ 8...40 нм (рис. 2 а).



а

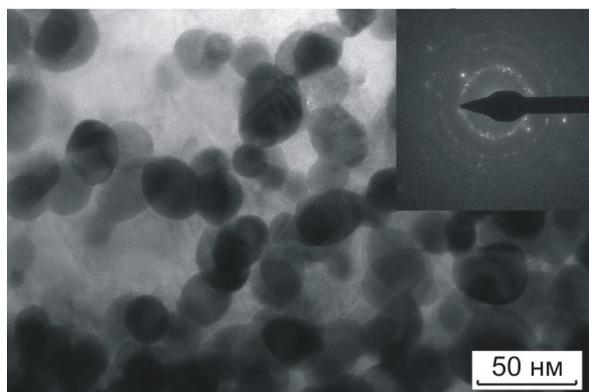


б

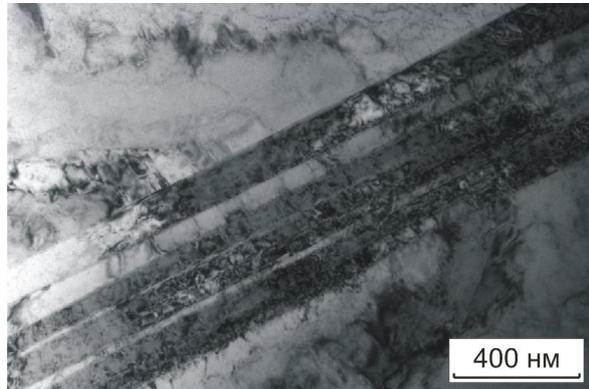
Рис.1. Строение сварного шва в соединении «медь – тантал», полученном по технологии сварки взрывом

С использованием метода просвечивающей электронной микроскопии была исследована микроструктура меди на расстоянии ~ 20...50 мкм от сварного шва. В большинстве зерен зафиксированы дислокационные построения, а также двойники деформационного происхождения, сконцентрированные в виде

пакетов (рис. 2 б). Эти пакеты состоят из чередующихся пластин двойников и медной матрицы. Толщина пакетов достигает нескольких сотен нанометров (335 нм), а толщина отдельной пластины двойника внутри пакета изменяется в диапазоне от 3 до 27 нм. Кроме того анализ ПЭМ показал, что интенсивная деформация в первую очередь протекает около границ зерен, где деформация двойникованием преимущественно происходит когда достигается критическое напряжение двойникования. Образование подобных пакетов, состоящих из чередующихся пластин матрица/двойник, вызвано, главным образом, действием высоких динамических нагрузок и быстрым действием протекания процесса сварки взрывом.



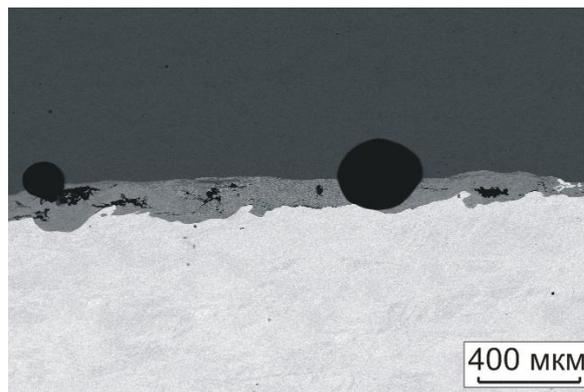
а



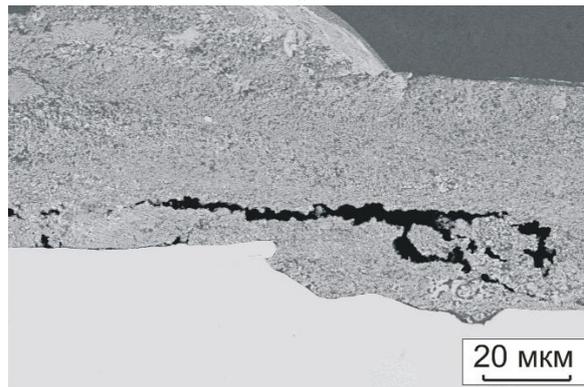
б

Рис.2. Тонкая структура сварного соединения медь-тантал (а) и меди, находящейся вблизи зоны соединения (б).

Анализ структуры области перемешивания тантала и меди показал наличие таких дефектов как трещины и поры (рис. 3). Образование таких дефектов в первую очередь связано с большой толщиной пластин исследуемых материалов, а также с различием коэффициента теплопроводности, который для меди составляет 380 Вт/м·К, а для тантала – 63 Вт/м·К. Изменение режимов сварки взрывом, а также уменьшение толщины исходных пластин позволит устранить вышеописанные дефекты.



а



б

Рис. 3. Дефекты сварного соединения медь-тантал

На основании микроструктурных исследований методами оптической и электронной микроскопии в сварном соединении было установлено образование неравновесной структуры, состоящей из частиц тантала и расплавленной медной матрицы. Размер частиц тантала в зоне перемешивания составляет 8-40 нм. Таким образом, можно сделать вывод о формировании в сварном соединении нанокристаллической структуры.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ В КОНСТРУКЦИИ КАБЕЛЕЙ К ДЕЙСТВИЮ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Рюхтина Т.М.

Научный руководитель: Ким В.С. , к.ф.-м.н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина ,30

E-mail: tanushenka@sibmail.com

В промышленности низковольтные кабельные изделия (КИ) работают в условиях, когда оболочка и изоляция подвергаются одновременному воздействию таких факторов как повышенная температура, механические нагрузки, вибрации. При этом КИ могут испытывать действие агрессивных сред, среди которых на производстве и транспорте наиболее часто встречаются жидкие углеводороды: дизельное топливо, трансформаторное масло. В большой степени срок службы КИ зависит от их способности противостоять действию указанных факторов [1].

На сегодняшний день, не существует общепризнанной методики оценки ресурса КИ в условиях одновременного воздействия нескольких эксплуатационных факторов [2]. Целью данной работы является оценка влияния углеводородной жидкости на электрические и механические свойства полимерной оболочки и изоляции КИ.

Для определения влияния углеводородной жидкости на изоляцию и оболочку кабельного изделия был выбран провод с изоляцией и оболочкой из термоэластопластов (ТЭП) различных типов (оболочка из уретанового ТЭП1, изоляция из олефинового ТЭП2). Олефиновые и уретановые ТЭПы по разному реагируют на агрессивную среду, что связано с особенностями строения и надмолекулярной структуры материалов. Для оценки стойкости оболочки и изоляции были подготовлены образцы кабеля длиной 20см. Концы образцов изолированы от проникновения жидкости между оболочкой и изоляцией пленкой фторполимера в соответствии с МЭК-60811-2-1-2006 [3].

Степень воздействия на материал оболочки и изоляции оценивалась по скорости изменения электрических и механических свойств: диэлектрической проницаемости ϵ , тангенса угла диэлектрических потерь $\tan\delta$, прочности σ_r и относительного удлинения ϵ_r на разрыв. Образцы КИ выдерживались в дизельном топливе и трансформаторном масле при комнатной температуре в течение 1500 часов. Зависимости характеристик оболочки и изоляции от времени воздействия дизельного топлива и трансформаторного масла представлены на рис.1, 2.

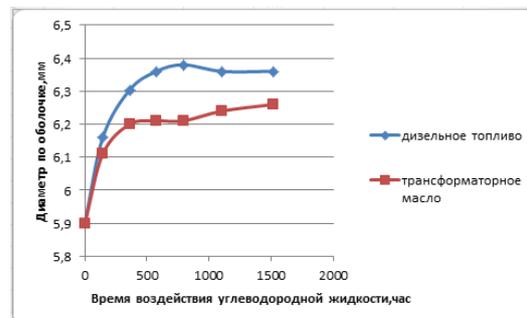


Рис.1 График зависимости диаметра по оболочке, мм от времени воздействия углеводородной жидкости при T=22°C

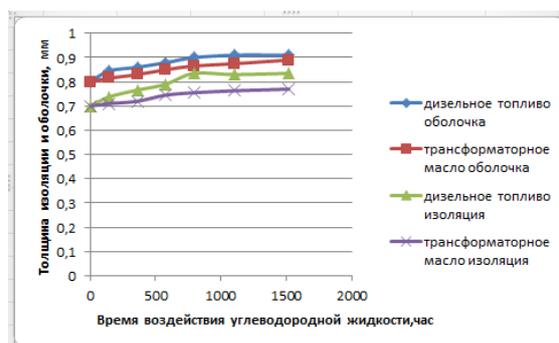


Рис.2 График зависимости толщины оболочки и изоляции от времени воздействия углеводородной жидкости при T=22°C

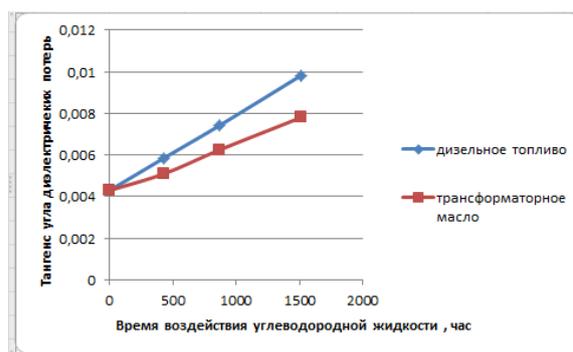


Рис.3 Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от времени воздействия углеводородной жидкости при T=22°C

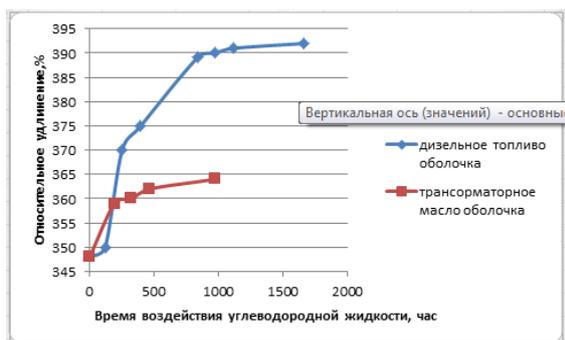


Рис.4 Завіскасць адноснага удлинення на разрыв оболочкі, % ад часу ўздзеяння ўглеводароднай вадкасці пры T=22°C

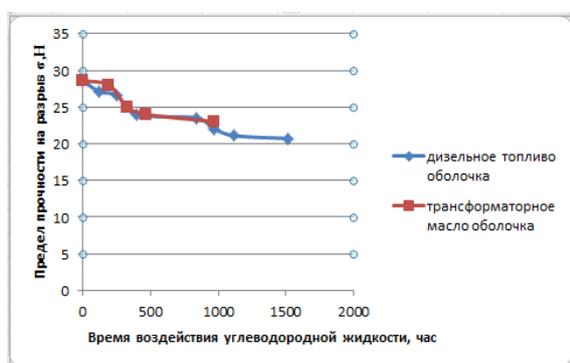


Рис.5 Завіскасць прэдела прачнасці оболочкі ад часу ўздзеяння ўглеводароднай вадкасці пры T=22°C

Із рис.1, 2 можна ўбачыць, што сеченне провада з тэчэннем часу павялічваецца з-за павялічэння талшчы ізаляцыі і оболочкі. Гэта тлумачыцца набуханнем ізаляцыі і оболочкі ў выніку дыфузіі малекул вадкасці. Неабходна адзначыць, што скорасць набухання, якая характарызуецца вуглом нахілу крывой больша ў оболочкі, чым у ізаляцыі. Пры гэтым скорасць набухання павялічваецца пасля 1000 гадзін знаходжання зразкаў у абодвух тыпах вадкасці. Набуханне полімера прыводзіць да разрыхлення надмалекулярнай структуры і зніжэнню міжмалекулярных узаемадзеянняў. Другімі словамі, сутэсвеннае змяненне надмалекулярнай структуры оболочкі і ізаляцыі назіраецца пасля 1000 гадзін знаходжання провада ў ўглеводароднай вадкасці.

На рис.3, паказана змяненне электрычных характэрыстык оболочкі і ізаляцыі. Можна ўбачыць, што за 1500 гадзін tgδ монатонна павялічваецца больш чым ў 2 разы. Гэта звязана з пранікновеннем по-

лярных малекул у аб'ём полімера. Малекулы, дыфундуруючыя ў аб'ём полімера, прыводзяць да павялічэння палярызаванасці і электраправоднасці оболочкі і ізаляцыі. Так як трансфарматарнае масла з'яўляецца непалярнай жідкасцю, то скорасць павялічэння tgδ ў дызельным топліве вышэй, чым ў трансфарматарным масле. Павялічэнне tgδ ў трансфарматарным масле можа сведчыць аб пранікновенні прымесных палярных малекул (напрыклад, вада) або працэсах дыструкцыі, прыводзячых да ўтварэння палярных радыкалаў.

Як відаць з рис.4-5 набуханне матэрыялаў оболочкі і ізаляцыі прыводзіць да змяншэння на 12.8% адноснага удлинення пры разрыве і прэдела прачнасці на 27.6%. Гэта азначае, што набуханне прыводзіць да змяншэння энергіі міжмалекулярных узаемадзеянняў з аднаго боку, і да змяншэння эластычнасці складовай дэфармацыі з другога. Пры гэтым прачнасць олефінавай ізаляцыі зніжаецца хутчэй, чым уретановай оболочкі. Гэта звязана з большай устойлівасцю уретанавых ТЭП да ўздзеяння агрэсіўных сродкаў.

У цэлым, па выніках работы можна зрабіць наступныя высновы:

1. Для оболочкі КІ больш падыходзячымі з'яўляюцца ТЭП уретановага тыпу, якія доўжэй захоўваюць механічныя характэрыстыкі пад дзеяннем ўглеводароднай жідкасці.
 2. Электрычныя характэрыстыкі олефінавага ТЭП слабей змяняюцца пры знаходжэнні КІ ў ўглеводароднай жідкасці.
 3. Палярнае дызельнае топліва аказвае больш моцнае ўздзеянне на характэрыстыкі оболочкі і ізаляцыі, чым непалярнае трансфарматарнае масла (даве моцна забрудзенае).
 4. Максімальная скорасць дыфузіі малекул жідкасці пры камнатнай тэмпературы дасягаецца пры вызначаным ступені набухання полімера (у нашым выпадку пасля 1000 гадзін знаходжання ў жідкасці).
1. Заіков Г.Е. Чаму стареюць полімеры/ (Стат'я Соросовскага адукацыйнага журналу), 2000;
 2. Зуев Ю.С., Разрушение полимеров под действием агрессивных сред.-М: Химия 1972;
 3. МЭК-60811-2-1-2006

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ В ОБЪЕМЕ МИКРОЧАСТИЦЫ ПРИ ЕЕ КОНТАКТЕ С ПОВЕРХНОСТЬЮ

Рязанова М.

Научный руководитель: Зенин Б.С., к.ф.-м.н., доцент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

Введение

Аморфный металл — металлический материал с беспорядочной структурой на атомном уровне. В отличие от большинства металлов, аморфные металлы имеют структуру с высокой степенью хаотичности, беспорядочности распределения атомов. Материалы, в которых такая беспорядочная структура получена непосредственно в процессе охлаждения с высокой скоростью из жидкого состояния до твердой фазы, называют «стёклами», и, таким образом, аморфные металлы обычно упоминаются как «металлические стёкла».

Интерес к аморфным материалам ученые проявляли давно, так как металлы и сплавы в аморфном состоянии обладают рядом специфических свойств: высокие коррозионная стойкость, прочность, твердость, предел текучести, магнитомягкие характеристики и др. Для получения аморфного состояния в металлических материалах используют специальные приемы, обеспечивающие высокую скорость охлаждения (выше $10^5 - 10^6$ К/с). В качестве примера можно привести следующие методы: ленточная закалка (литье расплава между холодными роликами), вытягивание расплава (охлаждение на вращающемся диске, осаждение из газовой фазы на холодную подложку). Следует отметить, что при газотермическом напылении также имеет место высокая скорость охлаждения, которая может привести к образованию аморфного состояния [1].

Материал и методики исследований

Объектом исследования являются теплофизические условия формирования структуры материала частицы при газотермическом напылении.

В качестве материалов исследования использовались: Al_2O_3 - материал подложки и Al - напыляемый материал. Расчеты проводились с использованием КП CRISTALL при следующих технологических параметрах напыления: скорость частицы $V=200$ м/с, размер частицы $D=100$ мкм, температура подложки $T_0=300$ К, температура частицы $T_m=933$ К.

Результаты исследований

В таблице 1 представлены результаты расчета распределения температуры в объеме частицы в различные моменты времени.

Таблица 1 Температурно-временное поле в объеме частицы при ее кристаллизации

	Время охлаждения, 10^{-7} с					
	1	2	3	4	5	6
T, К	886	903	916	925	931	933
y1, мкм	0	0.36	0.78	1.18	1.57	1.96
y2 мкм	0	0.55	1.11	1.66	2.22	2.78
y3 мкм	0	0.68	1.36	2.04	2.72	3.4
y4 мкм	0	0.78	1.57	2.36	3.14	3.93
y5 мкм	0	0.87	1.75	2.63	3.51	4.39
y6 мкм	0	0.96	1.92	2.89	3.85	4.81

По данным, приведенным в таблице 1, построили график: распределение температуры в объеме частицы Al при ее кристаллизации на поверхности подложки в различные моменты времени.

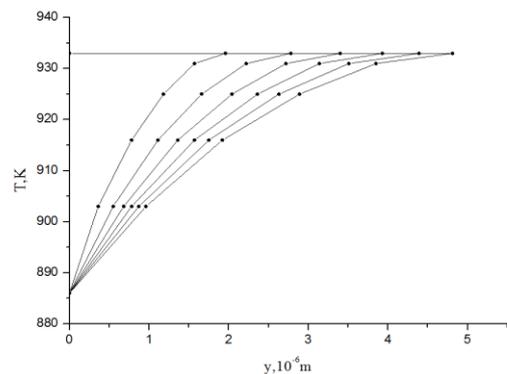


Рис.1 Распределение температуры в объеме частицы Al при ее кристаллизации на поверхности подложки в различные моменты времени, y-расстояние от границы частицы с подложкой

По данным графика, представленного на рисунке 1, построили кривые охлаждения в объеме частицы на разных расстояниях y от границы частица – подложка (Рис. 2). Из рис. 2 видно, что в начальный момент времени, соответствующий процессу кристаллизации, наибольшая скорость охлаждения наблюдается при $y=0.5 \cdot 10^{-6}$ м. По мере

удаления фронта кристаллизации от границы частица – подложка скорость охлаждения существенно уменьшается.

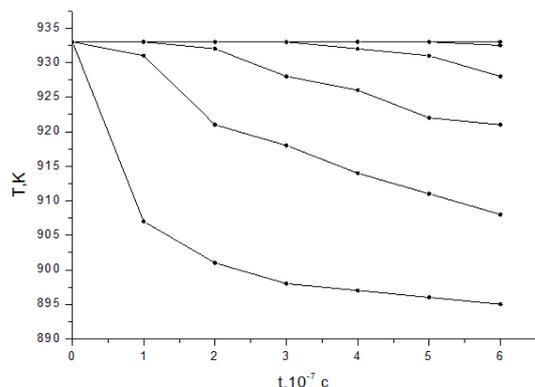


Рис.2 Кривые охлаждения в объеме частицы: (1- $y=0.5$, 2- $y=1.5$, 3- $y=2.5$, 4- $y=3.5$, 5- $y=4.5$, 6- $y=4.81$)

На рис. 3 показана закономерность изменения скорости охлаждения при переходе материала частицы из жидкого состояния до твердой фазы в разных точках внутри объема частицы.

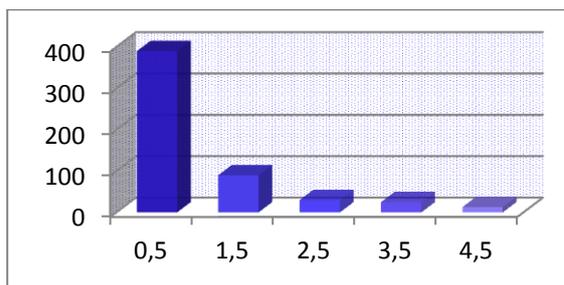


Рис.3 Скорость охлаждения в объеме частицы на разных расстояниях от границы частица-подложка в начальный момент времени

Заключение

В данной работе разработана методика определения скорости охлаждения в разных точках внутри объема частицы. Показано, что вблизи границы частица-подложка скорость охлаждения (при напылении Al на Al₂O₃) достигает 355×10^7 К/с. Наши результаты подтверждают возможность образования аморфной фазы внутри объема частицы.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука».

Список литературы

1. Калита В.И., Комлев Д. И. Особенности формирования аморфно-кристаллических покрытий при плазменном напылении. // ФХОМ. 1996. №4. – С.43-46.
2. Кудинов В. В., Калита В. И., Коптева О.Г. Исследование процесса формирования макро-и микроструктуры частиц газотермических покрытий. // ФХОМ. 1992.-№4.-С. 88-92.
3. Коржик В. Н. Теоретический анализ условий аморфизации металлических сплавов при газотермическом напылении. I. Определение скоростей охлаждения дисперсного напыленного материала. // Порошковая металлургия. 1992. - № 9.-С. 57-61.
4. Клименов В. А., Панин С.В., Безбородов В.П. Исследования характера деформации на мезомасштабном уровне и разрушения композиции «газотермическое покрытие-основа» при растяжении. / Физическая мезомеханика. 1999. №2.- С. 141-156.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДНИЩА РЕЗЕРВУАРА С КОРРОЗИОННЫМ ПОРАЖЕНИЕМ

П.А Прибытков, А. С. Сапрыкин.

Научный руководитель: Бурков П. В.

Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: sanek191@mail.ru

В процессе хранения парафинистых нефтей в резервуарных емкостях, особенно в емкостях большого объема, происходит образование и накопление донных отложений. Наличие на днищах осадков приводит к недоиспользованию емкости нефтяных резервуаров, а также к возникновению коррозионно-опасных водяных линз под осадком, к затруднению в обследовании состояния резервуара /1/. Кроме снижения полезного объема резервуара, накопление донных отложений ведет к осложнению процесса эксплуатации резервуаров, к увеличению материальных затрат в системе транспорта и хранения из-за необходимости вывода резервуаров из эксплуатации и производства работ по их зачистке. В итоге снижаются технико-экономические показатели работы нефтяных резервуаров и транспортной системы в целом. Для повышения эффективности использования резервуарных емкостей необходимо сохранение полезного объема нефтяных резервуаров, поэтому на практике применяются различные комбинации способов борьбы с донными и пиррофорными отложениями. В настоящее время, для борьбы с донными отложениями на днищах стальных вертикальных резервуаров с нефтью используют устройства предотвращения и размыва осадка – размывочные головки, устройства «Диоген» или «Тайфун» и т.п.

Однако, конструкция винтовых мешалок далеко несовершенна, и не позволяет полностью предотвратить образование донных осадков /2/. Опыт эксплуатации резервуаров на предприятиях трубопроводного транспорта Западной Сибири показал, что коррозионные повреждения нижних поясов и днищ резервуаров наблюдаются весьма часто и уже через 8-10 лет могут привести к сквозным дефектам, при благоприятных для развития коррозии условиях. Положение осложняется еще и тем, что на нефтяных месторождениях Урала, Поволжья и Западной Сибири большинство РВС практически не имеют защитных покрытий и изготовлены из стали 09Г2С, которая характеризуется низкой коррозионной стойкостью. Чаще всего прокат из данной марки стали используется для разнообразных строительных конструкций благодаря высокой механической прочности, что позволяет использовать более тонкие элементы чем при использовании других сталей. Устойчивость свойств в широком температурном диапазоне позволяет применять детали из этой марки в диапазоне температур от -70 до +450 С. Сквозные дефекты днищ и стенок резервуаров, образовавшиеся в

результате коррозии металлоконструкции, могут привести к потере нефти и нефтепродуктов, при этом нарушается нормальная работа резервуаров и создаются условия возникновения аварийных ситуаций.

Для обоснованных выводов о возможности безопасной эксплуатации резервуаров была поставлена задача исследовать поведение конструкции днища резервуара при возникающих в процессе эксплуатации различных видах дефектов, обусловленных донными отложениями. Для исследования поведения конструкции резервуара при помощи конечно-элементной программы для инженерного анализа ANSYS была создана модель днища вертикального стального цилиндрического резервуара РВС-20000. При анализе напряженно-деформированного состояния было рассмотрено влияние группы язвенной коррозии – коррозия, локализованная на небольшой площади, но имеющая значительную глубину, а также группы вырывов металла в центральной части. Данные о дефектах приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование элемента конструкции	Наименование дефекта	Глубина дефекта, мм	Толщина листа по проекту, мм
Центральная часть днища	1-Группа язвенной коррозии	2	6
Центральная часть днища	2-Группа вырывов металла	3.2	6

На рисунке 1 представлено распределение эквивалентных напряжений (по теории прочности Мизеса) в зоне группы вырывов металла под действием давления величиной 0,9 МПа

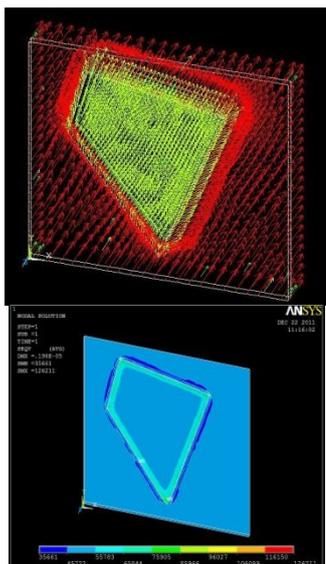


Рисунок 1. Схема нагружения дефекта 2 и напряжения в зоне дефекта по Мизесу

Расчеты показали, что напряжения на границе образования дефекта составляют 126211 Па, в ходе расчетов задавалось поэтапное постепенное утонение данного участка, моделируя тем самым коррозионный износ в течение времени, напряжения в металле при этом значительно возрастают. С изменением формы и увеличением глубины проникновения дефекта, возрастают как напряжения, так и перемещения металле, что наглядно видно на рисунке 2 и 3.

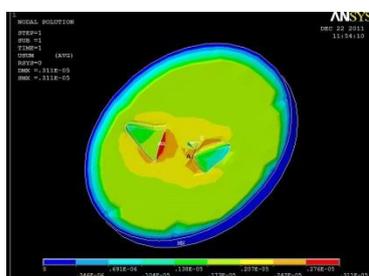


Рисунок 2. Перемещения в днище резервуара

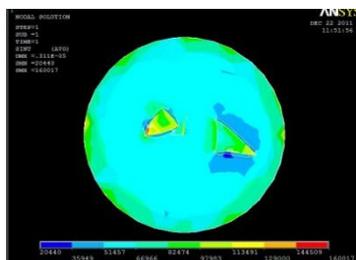


Рисунок 3. Напряжения в зонах образования дефектов.

На последнем этапе расчета, при толщине металла, равной 2,8 мм, напряжения превышают предел

прочности ($\sigma_{\text{в}}=430$ МПа), а перемещения составляют 311E-5мм. Для большей наглядности зависимость максимальных эквивалентных напряжений от толщины стенки трубопровода, подверженного коррозионному износу, приведена на рисунке 4.

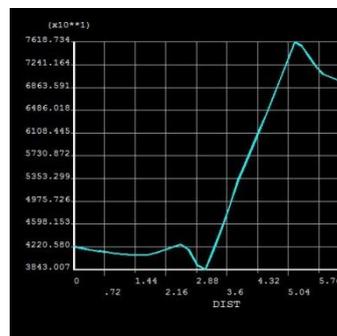


Рисунок 4. На графике виден резкий скачок напряжений в зоне образования дефекта (точка А на рис. 2)

По результатам анализа установлено, что напряжения в днище резервуара много меньше предела текучести для стали 09Г2С. Также установлено, что максимальные перемещения образуются на границе образования дефекта толщиной 3 мм, и они составляют 311E-5 мм. На графике виден резкий скачок напряжений в зоне образования дефекта. Стоит отметить, что напряженно-деформированное состояние приводит к значительному увеличению скорости коррозионного износа, причем на скорость коррозии влияет не только уровень, но и вид напряженного состояния. Можно сделать вывод, что резервуар с такими дефектами не соответствует требованиям РД-16.01-60.30.00-КТН-063-1-05, и требует капитального ремонта. В практике диагностирования резервуаров по его результатам изношенные или дефектные участки, как правило, заменяют на новые. Но при этом может произойти соединение поверхностей с разной толщиной листов, что может вызвать концентрацию напряжений и, как следствие, привести к разрушению или образованию новых видов дефектов.

Литература

1. Оборудование резервуаров: учебное пособие для вузов /Н.И.Коновалов,Ф.М.Мустафин, Г.Е.Коробков, Р.А.Ахияров, И.Э. Лукьянова. – 2-е изд., перераб. и доп.- Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2005. – 214 с.
2. Гималетдинов Г.М., Саттарова Д.М. Способы очистки и предотвращения накопления донных отложений в резервуарах // Нефтегазовое дело, 2006.

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ НА МЕХАНИЗМЫ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ ПОЛИКРИСТАЛЛОВ

Сергеева Е.А., Ваулина О.Ю.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: volgay@tpu.ru

Известно, что долговечность и надежность машин и механизмов во многом определяются их сопротивлением усталости, так как в подавляющем большинстве случаев детали машин испытывают воздействие переменных нагрузок. В связи с этим проблема усталостного разрушения остается исключительно актуальной. С точки зрения решения этой проблемы наиболее важными являются вопросы, связанные с механизмами процессов, происходящих в материале при циклическом нагружении.

В современном материаловедении деформируемое твердое тело рассматривается как многоуровневая иерархически организованная система [1]. Его пластическое течение развивается самосогласованно на микро-, мезо- и макромасштабном уровнях. Наименьшую сдвиговую устойчивость в нагружаемом кристалле имеет его поверхностный слой. Поэтому пластическое течение последнего начинается раньше и развивается более интенсивно по сравнению с объемом материала.

Известно, что наибольшая роль поверхностного слоя в деформации и разрушении материала наблюдается при циклическом нагружении, которое в реальных конструкциях осуществляется в упругой области. При этом поверхностный слой материала деформируется пластически.

В качестве материала исследования были взяты технический титан марки ВТ1-0 и технический титан ВТ1-0, наводороженный в течение 1 часа.

Образцы исследования представляли собой двойную лопатку с размером рабочей части $8 \times 40 \times 1 \text{ мм}^3$. Испытания на усталость проводили путем знакопеременного изгиба с амплитудой $\pm 3 \text{ мм}$ и частотой 430 об/мин. Структурные исследования выполняли на разных этапах усталости на металлографическом лабораторном микроскопе ЛабОмет-И. Профиль поверхности исследовали с помощью интерференционного профилометра Zygo New View 6300.

Титан с одной стороны, он характеризуется очень высокой температурой плавления (1668°C) вследствие высоких сил связи в кристаллической решетке и высоким модулем сдвига (39,4 ГПа), с другой – имеет низкую сдвиговую устойчивость решетки (его энергия дефекта упаковки всего 10 мДж/м^2) и склонен к полиморфизму. То есть при высоких прочностных характеристиках объема в поверхностных слоях титана при нагружении можно ожидать облегченного развития процессов

структурных перестроений из одной кристаллической решетки в другую.

Комплексное исследование мезосубструктуры поверхностных слоев титана на разных этапах знакопеременного изгиба показало аномально низкую сдвиговую устойчивость их внутренней структуры. Помимо низкой сдвиговой устойчивости кристаллической решетки, связанной с низким уровнем энергии дефекта упаковки, обнаружена и очень низкая сдвиговая устойчивость границ зерен в поверхностных слоях титана. Средняя шероховатость исходного образца $0,070 \text{ мкм}$.

Указанная особенность титана проявилась еще до деформации образцов в процессе их электролитической полировки. Исходный рекристаллизованный титан ВТ1-0 имеет равноосную зернистую структуру со средним размером зерен $\sim 10 \text{ мкм}$. Однако на его полированной поверхности выявлена весьма заметная экструзия (рис.1), подтверждающая высокую подвижность границ зерен в его поверхностном слое при комнатной температуре, возможно связанную с насыщением границ зерен водородом, находящимся в воздухе. Высокая активность титана к водороду хорошо известна.

При последующем знакопеременном изгибе эффект экструзии зерен заметно увеличился. Показанная экструзия зерен есть проявление механизма движения зерен как целого, который обычно реализуется при повышенных температурах нагружения. С увеличением числа циклов нагружения степень указанного эффекта продолжает увеличиваться, однако развитие деформации в объемах зерен затушевывает эту картину.

На начальной стадии знакопеременного изгиба титана развивается пластическая деформация в объемах зерен. Следы этой деформации представлены линиями скольжения и двойниками деформации, что типично для гексагональных металлов. Скольжение (рис.1а) преимущественно одиночное, редко наблюдаются две системы скольжения, что типично для циклической деформации металлов. Но для α -титана она обусловлена еще и тем, что он имеет всего две плоскости преимущественного скольжения в силу сравнительно малого расстояния между базисными плоскостями. Однако преобладающим механизмом пластической деформации титана в данных условиях является двойникование (рис.1б). Это обусловлено очень низкой энергией дефекта упаковки титана, низкой температурой испытания ($0,2T_{пл}$) и наличием в титане пяти

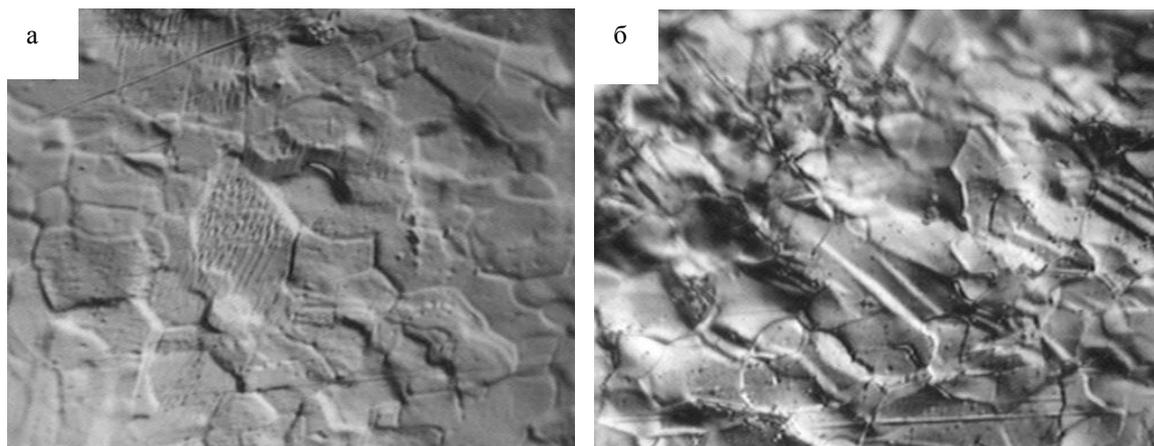


Рисунок 1. Деформация в техническом титане на ранней стадии усталости, DIC, $\times 1000$: а, б) $N=0,6 \cdot 10^6$ ц., в) $N=0,7 \cdot 10^6$ ц.

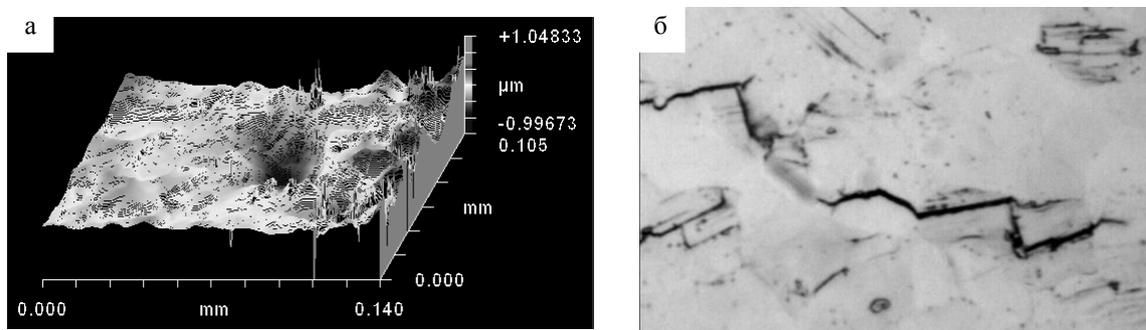


Рисунок 2. Технический титан VT1-0: а) профилометрическая картина, $N=2 \times 10^7$ ц.; б) усталостные трещины $N=2,8 \times 10^7$ ц.

плоскостей двойникования. Количество двойников в зернах особенно велико в зоне последующего формирования усталостной трещины.

Другим проявлением отмеченной выше специфики поверхностной структуры титана является формирование в поверхностном слое циклически деформируемого образца сильно выраженного многоуровневого гофра (рис.1а). Многоуровневость гофра [3] проявляется в том, что крупные его элементы состоят из множества более мелких складочек. Причина гофрирования поверхностного слоя заключается в том, что ослабленный по сравнению с объемом поверхностный слой испытывает пластическую деформацию в то время, когда объем материала нагружен упруго. Сопряжение этих двух систем и неодинаковость их деформации приводят к формированию складок избыточного пластически деформирующегося поверхностного слоя.

Исследование мезоструктуры места усталостного разрушения титана показало, что сильно выраженная пластическая деформация развивалась только в очень узкой (2-4 мм) поперечной полосе образца в зоне максимального изгиба.

Усталостные трещины в титане (рис.1б), имеют ярко выраженный зигзагообразный характер. Магистральная трещина развивается в зоне максимального изгиба. Но даже после разрушения вблизи места разрушения остается много недеформированных зерен. Образцы до разрушения простояли в среднем $2,8 \times 10^7$ ц. Средняя шероховатость разрушенного образца 0,15 мкм (возросла в 2 раза).

Выводы. Вся пластическая деформация при усталости реализуется в поверхностном слое. На начальной стадии это линии скольжения и двойникование, при дальнейшем нагружении – многоуровневый гофр. Вся деформация сосредоточена в узкой зоне максимального изгиба.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука».

Литература

1. Панин В.Е. Современные проблемы пластичности и прочности твердых тел //Изв. вузов. Физика. - 1998. - №1. - С.7-34.
2. Елсукова Т. Ф., Панин В. Е., Панин А. В., Кузина О. Ю. Мезоскопическая субструктура и свойства поликристаллов при циклическом нагружении // Деформация и разрушение материалов. – 2006. - №4. – С. 12-18.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНО-КИНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИМПУЛЬСНОЙ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КРИСТАЛЛОВ ZnSe С ПРИМЕСЯМИ

Сериков М.С., Вильчинская С.С.

Научный руководитель: Олешко В.И., профессор, д.ф.-м.н.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: maxi13_88@inbox.ru

В последние годы в связи с угрозой международного терроризма резко возросла потребность в современных средствах контроля груза, в частности ручного, на таможенных, в аэропортах и т.п. Среди этих средств на первом месте – рентгеновские интроскопы, чувствительным элементом которых являются детекторы типа «сцинтиллятор-фотодиод». Наиболее распространенными являются приборы контроля, созданные на основе сцинтилляторов ZnSe(Te) [1]. Вопросы создания новых высокоэффективных сцинтилляторов, изучение их свойств и разработка технологии их изготовления, несомненно, актуальны на сегодняшний день.

Развитие моделей центров люминесценции сдерживается недостаточной информацией о кинетических параметрах излучения наблюдаемых полос люминесценции и их зависимости от условий проведения экспериментов. Дополнительную информацию о природе центров дефектно-примесной люминесценции может внести исследование спектрально-кинетических характеристик люминесценции при облучении легированных кристаллов ZnSe наносекундным импульсом ускоренных электронов.

Целью данной работы является исследование спектрально-кинетических характеристик импульсной рентгенолюминесценции (ИРЛ) легированных различными примесями кристаллов ZnSe, которые в составе детекторов ионизирующих излучений предлагается использовать в электронном и ядерном приборостроении.

Для люминесценции ZnSe характерны широкие полосы в области 600 – 650 нм (оранжево-красное свечение), что определяет одно из важных применений этого материала в качестве сцинтилляторов, т.к. данной спектральной области соответствует максимальная спектральная чувствительность современных Si-фотодетекторов.

В качестве исследуемых образцов использовались специально не легированные кристаллы ZnSe, выращенные из паровой фазы и легированные различными примесями (O, Ga, Te, Sm, Si, Ca, Eu), рисунок 1.

Для исследования свечения активированных кристаллов ZnSe использовалась методика импульсной люминесцентной спектроскопии с наносекундным временным разрешением [2]. Источником наносекундного электронного пучка служил импульсный ускоритель электронов с

параметрами: средняя энергия электронов 0,3 МэВ, длительность импульса ~ 10 нс. Рентгеновское излучение формировалось путем торможения электронного пучка в медном аноде толщиной 100 мкм. Плотность энергии рентгеновского излучения достигала $\sim 10^{-4}$ Дж/см². Свечение образца регистрировалось ФЭУ-84 и осциллографом Tektronix TDS 2022. Спектры поглощения исследуемых кристаллов измерялись на спектрофотометре СФ-256.

Изучение ИРЛ исследуемых кристаллов при T = 300 К выявило интересные особенности. Спектры ИРЛ всех исследуемых образцов представляют собой широкую «оранжевую» полосу с максимумом в области 600 нм и полушириной $\Delta E \sim 350$ мэВ.

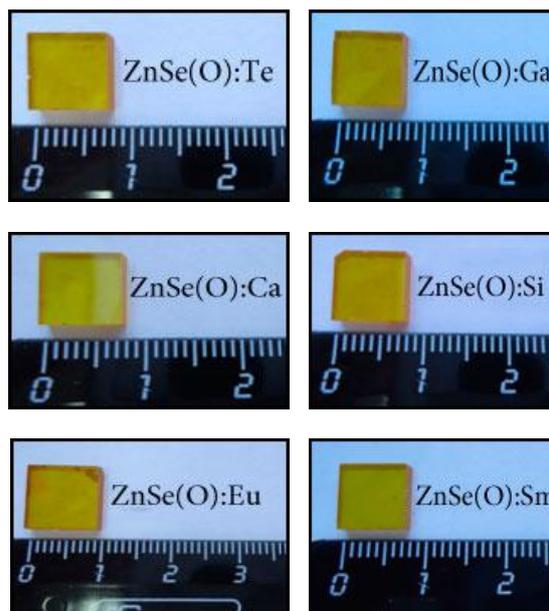


Рис. 1. Кристаллы ZnSe легированные различными примесями

На рисунке 2 представлен спектр ИРЛ кристалла ZnSe(O):Ga, спектры рентгенолюминесценции остальных исследуемых кристаллов имеют идентичные форму и положение максимума. Спектры различных образцов отличаются лишь значением интенсивности ИРЛ. В таблице 1 приведены значения относительных интенсивностей ИРЛ исследуемых кристаллов ZnSe при $\lambda = 600$ нм.

Данные, приведенные в таблице 5, демонстрируют, что полоса в области 600 нм появляется независимо от типа введенной примеси. Она присутствует в спектрах ИРЛ даже

чыстых крысталаў ZnSe, но яе інтэнсіўнасць на 1 – 2 парадка менш, чым у спектрах ІРЛ легіраваных крысталаў. Следвалаьно, цэнтры свечэння, адказныя за гэту палосу маюць адную прыроду. Разлічце ў велічыне інтэнсіўнасці ІРЛ аб'ясняецца разнай ступенню ўплыва прымясці на ўваходзе кіслорада ў рэштку селеніда цынка.

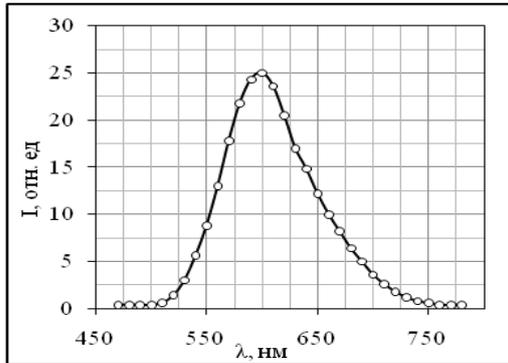


Рис. 2. Спектр ІРЛ крыстала ZnSe(O):Ga, змерены пры 300 К праз 1 мкс пасля заканчэння ўзбуджаючага імпульса

Табліца 1. Адносна інтэнсіўнасць ІРЛ ($\lambda = 600$ нм) чыстых і легіраваных рознымі прымясцямі крысталаў ZnSe, маючых разлічную прэдысторыю

Крысталл	I , адн.ед
ZnSe (нелегіраваны)	1
ZnSe(O):Ga	100
ZnSe(O):Si	62
ZnSe(O):Te	33
ZnSe(O):Ca	30
ZnSe(O):Sm	23
ZnSe(O):Eu	3,6

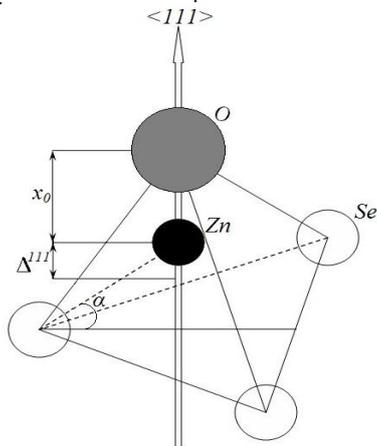


Рис. 3. Мадэль 3-комплекса $V_{Zn}Zn_1O_{Se}$

Велічына ўзроўня паслесвечэння сцынтилятара вызначае дынамічны дыяпазон чутлівасці, як дэтэктара, так і інтроскопічнай сістэмы ў цэлым. Паэтым

длітэльнае паслесвечэнне (сотні мікросекунд і больш) з'яўляецца нежаўдальнай характэрыстыкай сцынтилятара. Кінетыка затухання ІРЛ ўсех існаваных аб'ектаў пры $\lambda = 600$ нм апісваецца экспаненцыяльнай функцыяй з часам рэлаксацыі $\tau = 6,5 \pm 0,5$ мкс (рысунак 4).

Раней ссбашчалася [3], што з'яўленне спектральнай паласы з максымумам 600 нм пры 300 К вызвана пераходам, звязаным з комплексам (V_{Zn}, Al_{Zn}) . Таксама прадпалагалася, што яна абумоўлена ізбыточным Zn. Аўтары [3] лічаць, што за аранжавое свечэнне адказныя 3-комплексы $V_{Zn}Zn_1O_{Se}$ (рысунак 3).

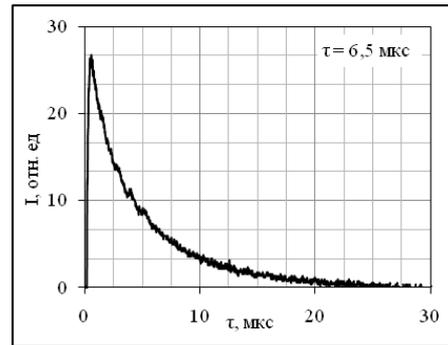


Рис. 4. Кінетыка затухання ІРЛ ($\lambda = 600$ нм) крыстала ZnSe(O):Ca пры 300 К

Свечэнне ў аранжава-чырвовай абласці можна аб'ясніць ўваходзе некантраляванай прымясці, прадпалажытэльна кіслорада [4, 5], ў рэштку ZnSe і абразаваннем цэнтраў свечэння на ссбвальных дэфектах. Кіслоруд з'яўляецца адной з неізабежных фоновых прымясцей ў ZnSe, і прэдельная канцэнтрацыя яго можа дасягнуць $\sim 10^{20}$ см⁻³ пры звычайных мэтадах ачысткі [4,5].

1. Старжінскі Н. Г., Грынэв Б. В., Гальчынецкі Л. П. і др. Сцынтилятары на аснове ссбінняў $A^{IV}B^{VI}$. Палучэнне, ссбства і асабнасці прымянення. – Хар'ков: «Інстытут монокрысталаў», 2007. – 296 с.

2. Лісіцын В.М., Корэпанав В.І. Спектральныя змерення з часавым рэзашэннем. Учыбное пасобіе. – Томск: Іздательство ТПУ, 2007. – 94 с.

3. Гаврыленка В. І., Грэхав А. М., Корбуцяк Д. В. і др. Оптычскія ссбства палуправоднікаў. – Кіев: Наукова думка, 1987. – 607 с.

4. Морозова Н. К., Кузнецов В. А., Рыжиков В. Д. і др. Селенід цынка. Палучэнне і оптычскія ссбства. – М.: Наука, 1992. – 96 с.

5. Морозова Н. К., Мідерос Д. А., Гаврышук Е. М. і др. Роль фоновых прымясцей О і Сі ў оптыке крысталаў ZnSe з пазіцыі тэорыі непересекаючых зон // ФТП. – 2008. – №2 (42). – С. 131-135.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СВЕТОВОГО ВЫХОДА ОТ ОПТИЧЕСКОЙ ДЛИНЫ ЗАТУХАНИЯ В МАТЕРИАЛЕ ПЛАСТМАССОВОГО СЦИНТИЛЛЯТОРА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ НЕЙТРОНОВ И Г – ИЗЛУЧЕНИЯ.

Серухин Д.В., Щербаков С.Г.

Научный руководитель: Залётин В.М., д.т.н., профессор

Университет природы, общества и человека «Дубна», 141980, Россия, г.Дубна, ул. Университетская, 19

E-mail: dimassv@mail.ru

Введение

Среди органических сцинтилляторов особую группу составляют пластмассовые, представляющие собой твердые растворы люминесцирующих веществ (добавок) в полимерной основе. В качестве полимера применяются несцинтиллирующий полиметилметакрилат, либо обладающие сцинтиллирующими свойствами поливинилтолуол или полистирол.

Ионизирующая частица, попавшая в пластмассовый сцинтиллятор, возбуждает главным образом молекулы полимера, т.к. концентрация люминесцирующих добавок обычно не превышает нескольких процентов. Энергия электронного возбуждения лишь частично приводит к флуоресценции молекул полимера, а в основном посредством безизлучательного механизма передается молекулам первичной люминесцирующей добавки. В свою очередь от неё за счет фотонного механизма энергия возбуждения передается молекулам вторичной добавки (смещителю спектра). Несмотря на малую концентрацию (<0,1%), её количества бывает достаточно для практически полного поглощения флуоресценции первичной добавки, однако большого влияния на самопоглощение она не оказывает. В роли первичной добавки часто используется паратерфенил (pPT), фенилбифенил-оксазол (PBD), дифенилоксазол (PPO). В качестве вторичной – дифенилоксазол-бензол (POPOP), или дифенилгексатриен (DPH) [1].

Постановка задачи.

Основной технической характеристикой пластмассовых сцинтилляторов является величина светового выхода. Эта характеристика является относительной и, в одном случае, привязывается к световому выходу кристалла антрацена, в другом – к световому выходу кристалла стильбена. В последнем случае единица светового выхода называется УЕСВ (условная единица светового выхода). Измерения светового выхода всегда связаны с использованием источника радиоактивного излучения, что ограничивает возможности испытательных лабораторий. Для тестирования пластмассовых сцинтилляторов с целью определения их годности предложено использовать измерение длины ослабления света в материале сцинтиллятора, при этом не измеряя световой выход сцинтиллятора[2].

Определение зависимости величины светового выхода от длины оптического затухания в сцинтилляторе и явилось задачей настоящей работы.

Методика эксперимента.

Световой выход.

Исследования проводились на образцах цилиндрической формы с размерами диаметра и высоты 63 мм., изготовленных на основе полистирола с добавками pPT (2%) и POPOP (0.02%) методом высокотемпературной полимеризации.

Величина светового выхода определялась на установке измерения люминесценции – «ИЛ-2А». Люминесценция возбуждалась гамма-излучением, источником которого являлась ампула с радионуклидами ¹³⁷Cs. Ампула находилась в центре свинцового цилиндра в канале, который был сделан вдоль его оси. На расстоянии 180 мм от торца цилиндра под прямым углом к его оси располагалась камера, в которую поочередно помещались испытуемый образец и аттестованный по световому выходу. Для повышения «сбора» света применяли отражатель из фторопласта. Люминесценция регистрировалась фотоэлектронным умножителем (ФЭУ). Измерения выполнялись в отсутствие оптического контакта. Вычисляли относительное значение величины светового выхода – I_{отн.}

$$I_{отн.} = \frac{I_i}{I_0}$$

где I_i - ток от испытуемого образца, I₀ - ток от образца, аттестованного по величине светового выхода.

Длина оптического затухания.

Длина оптического затухания измерялась на установке «Луч». Принцип действия установки основан на измерении интенсивности коллимированного пучка света определенного спектрального состава (излучаемого светодиодом типа У-118Ф), в зависимости от длины оптического пути пучка света в исследуемом образце. Интенсивность светового луча определяется по току фотодиода, работающего в пропорциональном режиме. Ток I_x фотодиода и длина x оптического пути, без учета реабсорбции, связаны соотношением Бугера-Ламберта-Бэра.

$$I_x = I_0 e^{-\frac{x}{L_x}}$$

дзе L_x – тэхнічная даўжыня ослаблення, I_0 – значэнне току пры нулевой толшыне сцинтилятара.

Прынцыпіяльная схема ўстаноўкі «Луч» зображана на Рис.1. Сфарміраваны ў модулі асветіцеля (1) святлоў пучок (с дыяметрам папярочнага сечэння парадка 1 см) праходзіць праз іспытуемы аб'ект (6) і паступае на апертуру фотопрымніка (7), ток I_x якога прапарцыянальна інтэнсіўнасці пучка.

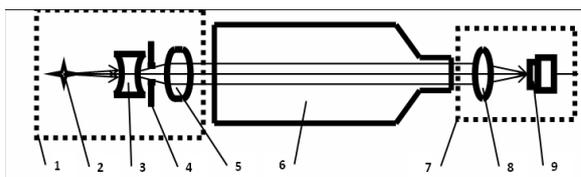


Рисунок 1. Принципиальная схема испытательного стенда «Луч»..

- 1 – модуль осветителя
- 2 – светодиод У-118Ф
- 3 – рассеивающая линза
- 4 – диафрагма
- 5 – собирающая линза
- 6 – испытуемый образец (пластмассовый сцинтилятор ПС-Н4 либо кювета с исследуемой жидкостью)
- 7 – модуль фотоприемника
- 8 – фокусирующая линза
- 9 – фотодиод

Модуль асветіцеля (1, Рис.1.) прызначаны для стварэння і фарміравання паралельнага пучка святла заданай інтэнсіўнасці. У якасці крыніцы святла (2, Рис.1.) існуе святлодыод тыпу У-118Ф, спектр ізапраменьня якога паказаны на Рис. 2.

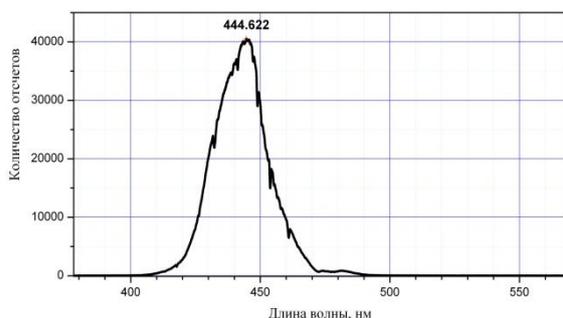


Рисунок 2. Оптический спектр излучения светодиода У-118Ф, используемого в установке «Луч».

Дыяпазон ізапраменьня святлодыода адпавядае максімуму спектра сабласнага ізапраменьня сцинтилятара.

Заклученне

В выніку работы вызначана залежнасць святловога выхада ад аптычнай даўжыні затухання сцинтилятара вызначанай даўжыні. Із пабудаванага графіка (Рис. 3) відава, што гэтая залежнасць прамая і блізка да прапарцыянальнай. Падачыны вынікі дазваляюць замяніць ізапраменьня святловога выхада сцинтилятара па аттэставанаму аб'екту ізапраменьнямі аптычнай даўжыні затухання. На практыцы нарматыў святловога выхада сцинтилятара (напрыклад, 0,10 УЕСВ) замяняецца нарматывам аптычнай даўжыні затухання, вызначаемым па падачынаму графіку (2,7 м.). Пры масавым вытворчасці сцинтилятараў гэтая метадыка значыльна упрощае выхадны кантроль.

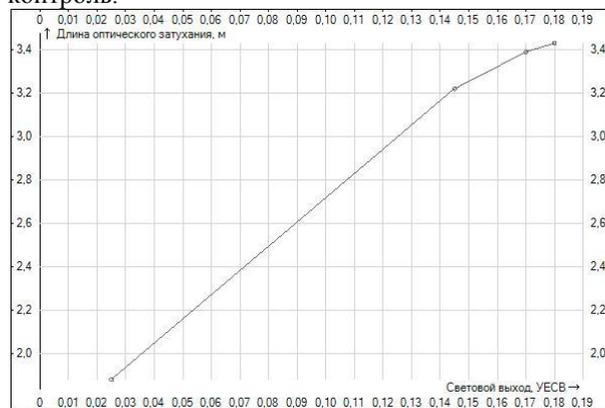


Рисунок 3. График зависимости светового выхода от оптической длины затухания пластмассовых сцинтиляторов с размерами диаметра и высоты 63 мм.

Список литературы.

- [1] Б. В. Гринёв, В. Г. Сенчишин. Пластмассовые сцинтиляторы. – Х.: Акта, 2003. – 324 с.
- [2] ГОСТ 23077-78 - Детекторы ионизирующих излучений сцинтилляционные. Термины, определения и буквенные обозначения.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В ПРОЦЕССЕ РАНЕГО СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПЕНОБЕТОНОВ НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

Смирнова П.В., к.т.н., доцент

Научный руководитель: Моргун Л.В., д.т.н., профессор
Ростовский государственный строительный университет,
344022, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162
E-mail: belka8800@mail.ru

Возведение жилых и общественных зданий с каждым днём требует от стройиндустрии совершенствования современных строительных материалов, применение которых придаст не только индивидуальность архитектурному облику объекта, но и будет сочетаться с экономичностью его возведения и эксплуатации. Однако это ещё не все показатели, которые важны для стеновых материалов. Очень важно, чтобы климат внутри помещения создавал благоприятные, комфортные и безопасные условия проживания в нем.

Наиболее распространёнными в современном строительстве являются многослойные стены из кирпича и эффективного теплоизоляционного материала (минераловатного утеплителя или пенополистирола). Необходимость устройства многослойных стеновых конструкций обусловлена тем, что ни один из перечисленных материалов в отдельности не удовлетворяет комплексу требований по прочности, долговечности и энергоэффективности. Кирпич обладает достаточной механической прочностью, однако он теплопроводен ($\lambda \geq 0,5$ Вт/м⁰С). Перечисленные теплоизоляционные материалы, предназначенные для обеспечения энергоэффективности конструкций, обладают достаточно низкой теплопроводностью ($\lambda = 0,04 \dots 0,1$ Вт/м⁰С), но не могут применяться в конструкциях зданий без защиты от механических воздействий, потому не обладают прочностью [1, 2,3].

Пенобетоны, как стеновые и теплоизоляционные материалы, пользуются большим спросом в строительном комплексе. Причин для этого много, прежде всего, это возможность применения пожаробезопасного камня с прекрасным сочетанием эксплуатационных свойств (теплопроводности, прочности, паро- и звукопроницаемости). Но у пенобетонов имеются и недостатки, такие как сравнительно низкая прочность при растяжении, предопределяющая отсутствие ремонтпригодности, склонность к растрескиванию в результате проявления усадочных деформаций и т.п.

В ходе практического применения технологии пенобетонов установлено, что при дисперсном армировании их синтетическими волокнами, можно повысить прочность на

Свойства дисперсной фазы, состоящей из

растяжение, а так же оказать существенное влияние на процесс структурообразования. Исследования процессов структурообразования относятся к числу актуальнейших научных направлений строительного материаловедения. Недостаток знаний об особенностях межфазных взаимодействий и фазовых переходов в структуре такой сложной дисперсной системы, как пенобетонная смесь, может привести к браку в производственных условиях.

Известно, что на процесс структурообразования в пенобетонах существенное влияние оказывает рецептура, процесс перемешивания (мощность бетоносмесительного агрегата и время перемешивания) сырьевых компонентов и температурно-влажностные условия твердения [4].

Для возможности влияния на процессы структурообразования в пенобетонах необходимо правильное понимание тех физико-химических процессов, которые управляют формированием структуры пенобетонов.

Из фундаментальных основ материаловедения следует, что увеличение прочности, при прочих равных условиях, достигается за счет повышения плотности твердой фазы, составляющей материал. Формирование твердой фазы композиционных материалов, на основе минеральных вяжущих, начинается с образования агрегатов частиц - кластеров. Кластеры взаимодействуют друг с другом через межчастичные, а затем и через межкластерные поверхности раздела фаз [5]. Такие поверхности обладают пониженными плотностью и прочностью [6]. Следовательно в технологии пенобетонов необходимо искать такой инструмент управления агрегатами кластеров, который позволял бы минимизировать негативное влияние межкластерных поверхностей на прочность затвердевшего бетона.

Для понимания механизма формирования требуемой структуры пенобетонов необходимо рассмотреть организацию макроструктуры различных видов пенобетон. В пенобетонных смесях вовлеченный воздух, пленки поверхностно-активных веществ (ПАВ), цемент и наполнитель являются дисперсной фазой, а водный раствор ПАВ – дисперсионной средой. воды из центра кластера в межкластерное

обводненых частіц цэмента, в пачатковы перыяд структуроабразавання інтэнсіўна змяняюцца потым, што між імі і вадой пратэкаюць рэакцыі адсорбцыйнага і хімічнага ўзаемадзеяння. Такім чынам, вада з свабоднай пераходзіць у фізічна звязанную. Яна падзяляецца на:

- ваду ў структуры жідкіх крысталаў плёнак ПАВ, утрымліваючых газавую фазу, уваключаную пры перамяшванні;

- міжчастычную ваду, змяшчаючую раствараныя ў ёй ПАВ, не пераходзіць на мяжу раздэла фаз «газ-жідкасць» ў ходзе перамяшвання сыравяных кампанентаў.

У ходзе актыўнай дыспергацыі і гідрацыі цэментных складоваў аб'ём міжчастычнай вады, у якой размяшчаюцца ПАВ змяншаецца, за ліч пераходу часткі вады ў затвореную ў хімічна звязанную. Пры гэтым канцэнтрацыя ПАВ растуе, што можа прывесці да каалесценцыі і крытычнай канцэнтрацыі міцэлаабразавання (ККМ). В выніку каалесценцыі назіраецца змяншэнне суммарнай плошчы паверхні плёнак ПАВ [7, 8], што вядзе да частковай утраты газавой фазы.

Калі сілы сцэплення між частыцамі цвёрдай фазы за ліч хімічнага ўзаемадзеяння цэмента з вадой растуе хутчэй напружэнняў растязжэння ў міжчастычным аб'ёме жідкай фазы, то атрымліваюць цвёрды пенабетон з аднароднай ячэйкавай структурай. В тым выпадку, калі ККМ ў жідкай фазе дасягаецца раней дасягнення цвёрдасці, дастатковай для супраціўлення дынамічнаму ўздзеянню каалесценцыі і сілам выгальківання вадздушных уключенняў, растушых прапарцыянальна ўвельчэнню іх радыуса, пенабетон звычайна валодае неаднароднай дэфектнай ячэйкавай структурай ці будзе мець расшалоенне і асадку. Накапленне дэфектаў ў міжпоравых перагородках вядзе да зніжэнню цвёрдасці затвердевага пенабетона [9]. Для абароны пенабетонных змясак ад негатыўных праяўленняў каалесценцыі неабходна існаваць тэхналагічныя прыёмы, забяспечваючы паскарены пераход вязка-пластычнай змясы ў эластычнае становішча. Спэцыяльнае ўласнасць вязка-пластычных дысперсных сістэм ў перыяд пачатковага структуроабразавання фарміраваць кластэры і, тым самым, спэцыяльнаваць змяншэнню іх унутранняй энэргыі, гаворыць аб наяўнасці працэсаў самаарганізацыі ў перыяд тэрмадынамічнага нераўнаважыя. Вынікам самаарганізацыі становяцца фазавыя пераўтварэння «беспарадак ў парадак», якія часта ўсё яўляюцца пераходамі першага роду [6,9]. Пры аграгацыі дысперсных частыц ў кластэры прыходзіць вытэсненне слаба звязанай

прасторна. Для пенабетонных змясак гэты працэс звычайна вельмі важны, так як ён вядзе да зніжэнню канцэнтрацыі ПАВ ў дысперсійнай сярэды, павышэнню эластычнасці плёнак ПАВ [7, 8] і адтывае момант наступлення ККМ. Кромэ таго, ў пенабетонных змясках, складовах толькі з зерністых частыц, канфігурацыя міжкластэрнага прастора носіць выпадковы характар.

Абагуляючы вышэйскае, можна ўтверджаць, што працэсы ранняга структуроабразавання аказваюць асаблівае ўплыванне на якасць затвердевага пенабетона, па гэтым так важна ведаць заканамернасці і ўлічваць прыроду фізіка-хімічных з'яўленняў, пратэкаючых пры фарміраванні ячэйкавай структуры пенабетонаў.

Спісок літэратуры

1. Моргун Л.В., Моргун В.Н., Піменова Е.В., Смірнова П.В., Набокова Я.С. Вымаганне прымянення неавтоклавага фібропенабетона ў крупнопанельным домабудоўні // *Строительные материалы*, 2011, №3. – С.19-21.
2. ФЗ № 261- «Об энергосбережении и о павышэнні энергетычнай эфектыўнасці ». Вступіў у дзеянне 27.11.2009 г.
3. Моргун Л.В., Богатына А.Ю., Смірнова П.В., Моргун В.Н., Набокова Я.С. О сейсмабэзопасном бетоне // *Строительные материалы*, 2010, №3. – С.4-6.
4. О ўплыванні тэмпературы на асабнасці фарміравання структуры пенабетонных змясак // *Эл. журнал «Инженерный вестник Дона»*, 2012, №1.
5. Коробко О.А., Выровой В.Н., Виноградскі В.М., Дороев А.В. Аналіз механізмаў арганізацыі структуры цэментных кампазіцыяў як полімінеральных і полідысперсных сістэм // *Вестник Одесской государственной академии строительства и архитектуры*, 2006, №24. – С.144-150.
6. Смірнов Б.М. *Фізика фрактальных кластэраў*. М: Наука, 1991. – 136 с.
7. Моргун В.Н. Вліянне формы кампанентаў на інтэнсіўнасць міжчастычных ўзаемадзеянняў ў пенабетонных змясках // *Строительные материалы*, 2007, №4. – С. 29-31.
8. Русанов А.И. *Міцэлаабразаванне ў растворах паверхнаста-актыўных вешч-СПб:Хімія*, 1992.- 280 с.
9. Моргун Л.В., Моргун В.Н. О жідкокрыстальна-лічэйнай прыродзе аграгацыяў устойлівасці пенабетонных змясак // *Строительные материалы*, 2006, №6. – С.22, 23.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ КАБЕЛЯ ДЛЯ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА С УВЕЛИЧЕНИЕМ СРОКА СЛУЖБЫ

Стасевская А.И.

Научный руководитель: Анисимова О.А., к.т.н., доцент

Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: Stasevskaya_a@sibmail.com

Источники возобновляемой энергии - один из самых современных способов получения электричества с использованием природных явлений: ветра, воды и солнечного тепла. Прогнозы учёных относительно развития этого направления говорят о том, что доля возобновляемых источников в мировом масштабе энергопотребления может составить к 2030 году до 20–30 процентов. Примечательно, что ветроэнергетические установки среди прочих нетрадиционных источников энергии получили, пожалуй, самое широкое распространение.

На сегодняшний день известно достаточно большое количество видов альтернативной энергетики, одним из которых является использование силы ветра.

Среди очевидных преимуществ, которыми обладают ветроустановки, специалисты отмечают, прежде всего: экологическую чистоту, отсутствие необходимости в обеспечении топливом, низкую шумность или вообще бесшумность при работе, автономность ветроэнергетической установки [1].



Рис.1. Ветроэнергетическая установка

Ветроэнергетическая установка представляет собой башню, в верхней части которой расположены турбина и генератор электростанции. Высота башни составляет обычно не более 85 м, однако самая высокая башня имеет высоту 120 м.

Трансформатор находится либо в верхней части башни (в этом случае вниз идут силовые кабели на напряжение до 35 кВ), либо в нижней части (в этом случае используются низковольтные силовые кабели на напряжение до 2 кВ). В корзине ветроэнергетической установки применяются кабели и провода для внутренних соединений, контрольные кабели и кабели

управления с числом жил от 2 до 23, кабели для структурированных систем (LAN-кабели), реже оптические кабели.

Наибольшую сложность с позиции разработчиков кабелей представляет вывод электроэнергии вдоль башни. Дело в том, что в зависимости от направления ветра корзина ветроэнергетической установки может поворачиваться вокруг своей оси, поэтому кабель подвергается кручению, в том числе при отрицательных температурах окружающей среды (до –40 .С).

В настоящее время приняты следующие решения. Если трансформатор расположен в нижней части башни, то используются кабели низкого напряжения традиционных конструкций (изоляция и оболочка из поливинилхлоридного пластиката; из сшитого полиэтилена; из материалов, не содержащих галогенов; из этиленпропиленовой резины и резины на основе хлорсульфированного полиэтилена или хлорполиэтилена) [2].

Очевидно, что кабели известных конструкций не удовлетворяют требованиям, предъявляемым условиями их эксплуатации на ветроэнергетических установках в течение всего срока службы (25 лет), и их неизбежная замена в то или иное время является дорогостоящим мероприятием. В настоящее время могут быть сформулированы следующие требования к кабелям, используемым

в башне ветроэнергетической установки [3]:

- стойкость к закручиванию в диапазоне температур от –40 до +70 .С;
- маслостойкость;
- пожаробезопасность (соответствие стандарту МЭК 60332-1 или выше);
- стойкость к действию коррозионно-активных газов;
- обеспечение в условиях возгорания плотности дыма, не превышающей заданной;

Для разработки конструкции кабеля, оптимальной для ветряных установок, необходимо провести испытания существующих конструкций на соответствие выше сформулированным требованиям. Мы выбрали кабели с изоляцией оболочки поливинилхлорида (ПВХ), полиэтилена (ПЭ) и термоэластопласта (ТЭП).

В настоящее время проведены механические испытания кабелей с ПВХ изоляцией и оболочкой марки КВВГ на стойкость к механическим

нагрузкам [4]. На рисунках 2, 3 приведены результаты измерений относительного удлинения при разрыве ϵ и прочности на разрыв σ_p

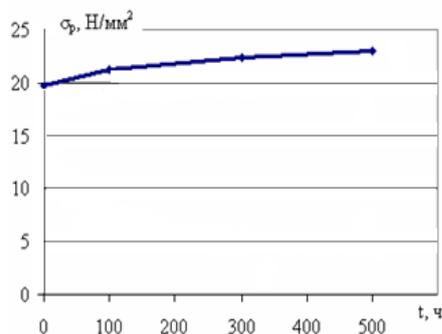


Рис.2. Прочность на разрыв σ_p

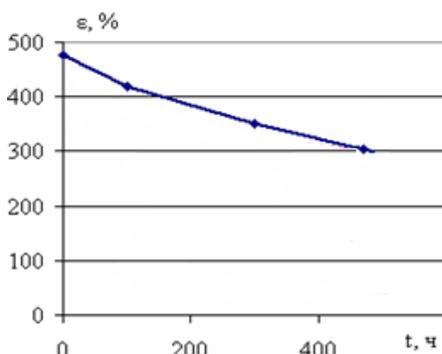


Рис.3. Относительное удлинение при разрыве ϵ

Для образцов ПВХ оболочек марки данного кабеля наблюдается монотонное снижение ϵ по мере старения.

Различие кривых, до старения, значений ϵ и σ_p , полученных для ПВХ кабелей объясняется, по-видимому, технологическими причинами [5]. А именно, наложение ПВХ пластиката приводит к быстрому охлаждению внутренней поверхности оболочки, из-за высокой теплопроводности стали. Это ведет к формированию неоднородной структуры по толщине оболочки, что может быть причиной наблюдаемого отличия величин ϵ и σ_p образцов ПВХ пластиката одной и той же рецептуры.

В результате проведенных испытаний следует, что данный кабель ПВХ марки КВВГ не подходит по механическим свойствам т.к. наблюдается явное старение, что естественно ведет к более короткому сроку службы кабельного изделия, а так же по техническим причинам, где особое внимание уделяется кручению кабеля.

Необходимо подчеркнуть, что ускоренное старение ПВХ оболочки кабелей не является дефектом. Данные образцы кабельных изделий соответствуют существующим стандартам. Причиной ускорения деградации ПВХ пластиката оболочки при тепловом старении является наличие брони в конструкции кабелей.

Мы намерены провести испытания кабелей с изоляцией и оболочкой из ПЭ и ТЭП.

Дальнейшие исследования взаимного влияния элементов конструкции кабеля при тепловом старении, совместимости материалов, позволит найти общие критерии взаимозаменяемости полимеров, улучшить эксплуатационные характеристики и надежность кабельных изделий.

Список литературы

1. Голицын М.В., Баженова О.Н., Пронина Н.В., Архипов А.Я., Макарова Е.Ю. Энергия: экономика, техника, экология. – М.: Наука, 2005.
2. Миткевич А.С., Паверман Н.Г., Елагина А.Н. Кабельные композиции на основе полиэтилена и поливинилхлорида. Тенденции развития в России // Кабели и провода. – 2007. – № 1. – С. 3–7.
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), изд. 7, 2001 - 2004 г.г.
4. Алиев И.И. Кабельные изделия, справочник, "ВШ", М., 2004 (621.315(035), А-50).
5. Барашков О.К. Некоторые критические замечания относительно методов предсказания сроков службы кабельных ПВХ-пластикатов // КАБЕЛЬ-news. – 2008. – №9. – С. 50–58.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ, МЕХАНИЧЕСКИХ И АНТИФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ СТАЛИ, ЛЕГИРОВАННОЙ АЛЮМИНИЕМ И МЕДЬЮ

Степанова Н.В., Разумаков А.А.

Научный руководитель: Батаев А.А., д.т.н., профессор
НГТУ, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20
naty@ya.ru

Одной из актуальных прикладных задач является модернизация антифрикционных материалов на основе стали, имеющих высокие механические свойства. Сталь с 0,3 % углерода имеет феррито-перлитную структуру с преобладающей ферритной составляющей, которая придает материалу высокие показатели ударной вязкости, но обладает относительно высоким коэффициентом трения скольжения [1]. Для получения антифрикционных свойств в состав стали была добавлена медь в разных концентрациях. В железоуглеродистых сплавах может быть растворено не более 2 % меди, которая содержится в ϵ -фазе (твердом растворе железа в меди) [2]. В случае превышения этого количества начинается выделение меди в виде отдельных медьсодержащих включений. Из-за разницы температур кристаллизации ϵ -фазы и γ -железа медьсодержащие включения имеют глобулярную форму, и располагаются в горячих зонах отливки. Введение алюминия в сталь способствует измельчению включений меди и равномерному их распределению в структуре железоуглеродистых сплавов.

Для изучения влияния меди на структуру и механические свойства стали, легированной алюминием были отлиты 4 образца стали с различным содержанием меди в индукционной печи ОКБ-281 с основной футеровкой и емкостью тигля 750 кг. Химический анализ отливок проведен на оптическом эмиссионном спектрометре «ARL 3460 Quantris». Результаты химического анализа представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Результаты химического анализа

№	Cu								Al
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr		
1	0,3	0,9	0,62	0,03	0,03	0,15	0,12	1,66	1,5
2								3,77	
3								5,99	
4								7,37	

В стали 30 медьсодержащие включения выявляются методами оптической металлографии при концентрации меди 3,77 % и более (рис. 1). При дальнейшем повышении содержания меди размер включений увеличивается. В сплаве с 7,37 % Cu медьсодержащие включения выделяются сеткой по границам бывших аустенитных зерен. Размер включений в образцах с различной концентрацией меди представлен в табл. 2. При

определении химического состава отдельных фаз методами микроспектрального анализа установлено, что медистая фаза четвертого образца, содержит также 3 % алюминия и 6 % железа (по массе).

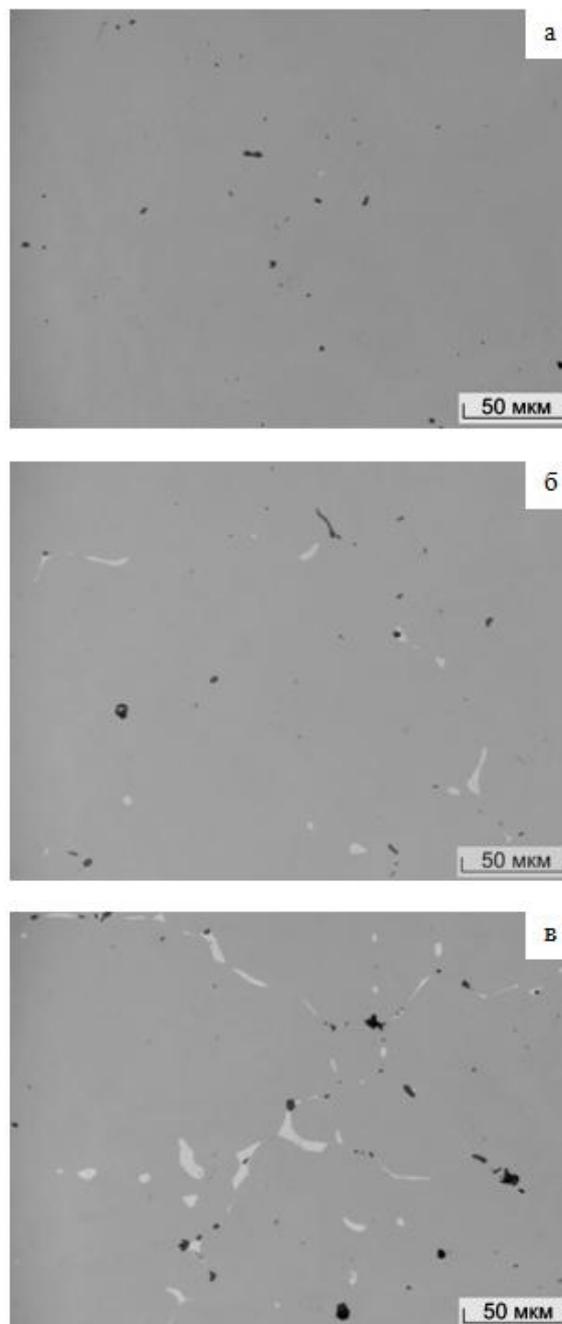


Рис. 1 – Рост медьсодержащих включений в зависимости от содержания меди в стали 30ЮЛ (а – 3,77 %, б – 5,99 %, в – 7,37 %)

При повышении концентрации меди от 1,66 до 7,5 % размер ферритного зерна в стали уменьшается с 80 до 20 мкм (рис. 2).

Таблица 2 – Размер медьсодержащих включений в образцах с разной концентрацией меди

Конц. меди	3,77 %	5,99 %	7,37 %
Форма и размер медьсодержащих включений	Равноосные, 5 мкм	Вытянутые, 14x2 мкм	Вытянутые, 20x6 мкм

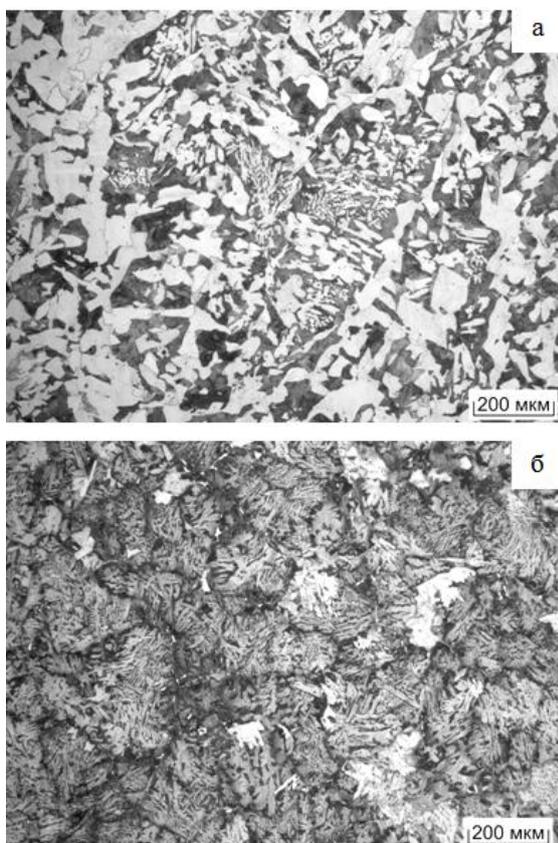


Рис. 2 – Влияние меди на размер ферритного зерна в стали 30Л, легированной 1,5 % алюминия (а – 1,66 %, б - 7,37 % меди)

ДюрOMETрические испытания образцов выполнены на микротвердомере 402MVD. Установлено, что при повышении содержания меди в стали от 1,6 до 7,5 % микротвердость перлита (П) возрастает с 330 до 410 HV, а феррита (Ф) - с 240 до 345 HV (рис. 3).

Коэффициент трения материалов определяли при скорости скольжения 50 м/мин в условиях смазки пары трения минеральным маслом. Установлено, что при повышении концентрации меди в диапазоне малых нагрузок (до 4 МПа включительно) коэффициент трения снижается. Наиболее стабильный низкий коэффициент трения (0,01) в диапазоне нагрузок до 7 МПа зафиксирован при испытании стали с 1,5 %

алюминия и 6 % меди. Полученный результат объясняется тем, что при такой концентрации происходит насыщение феррита и ферритной составляющей перлита медью (рис. 4).

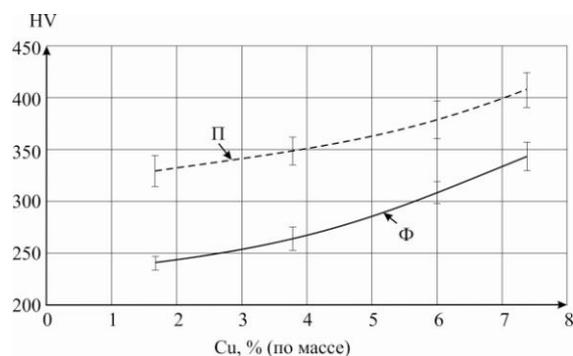


Рис. 3 - Зависимость микротвердости феррита и перлита в Стальи 30Л от содержания в ней меди

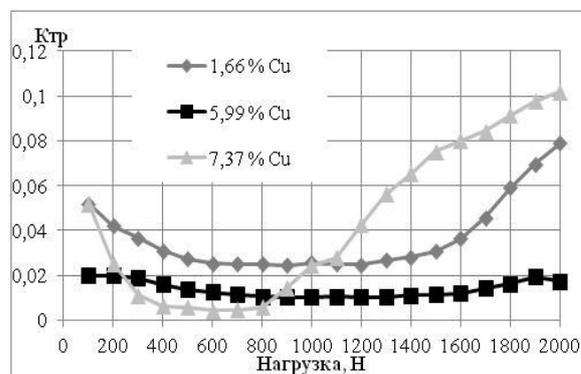


Рис. 4 – Зависимость коэффициента трения от содержания меди (по массе) в стали с 0,3 % углерода (1 – 1,66 % Cu, 3 – 5,99 % Cu, 4 – 7,37 % Cu)

Минимальный коэффициент трения (0,005) при удельной нагрузке до 4 МПа получен при испытании стали, легированной 1,5 % алюминия и 7,37 % меди. При повышении нагрузки до 10 МПа коэффициент трения монотонно возрастает до 0,9 (рис. 4). Присутствие в стали включений (6 % Fe, 3 % Al ост. Cu) способствует изменению характера зависимости коэффициента трения от прилагаемой нагрузки. Кривая приобретает вид, характерный для бронз.

Список литературы:

1. Марочник сталей и сплавов – Под ред. В.Г. Сорокина – М.: Машиностроение, 1989. – 634 с.
2. Медь в черных металлах/ Под ред. И. Ле. Мэя, Л. М. –Д. Шётки: Пер. с англ. Под ред. О. А. Банных. М.: Металлургия, 1988.

МЕТОД ТРЕХМЕРНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Сулейменова Н.Б., Семенов В.А.

Научный руководитель: Сочугов Н.С., к.ф.-м.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: sari.87@mail.ru

Эксплуатационные характеристики металлических и композитных изделий в основном определяются свойствами их поверхности и практически не зависят от свойств объема материала. К таким характеристикам относятся трибологические свойства, коррозионная стойкость, износостойкость и т.д. Существенное улучшение эксплуатационных характеристик металлических и композитных изделий может быть достигнуто изменением характеристик их поверхностного слоя. В связи с этим, технологии модификации свойств поверхности материалов и изделий являются востребованными и активно развиваются.

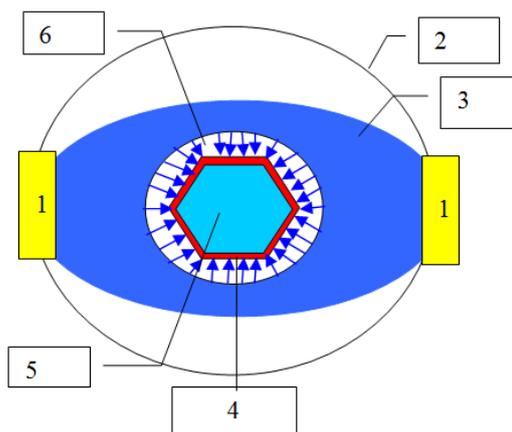
Современными тенденциями в развитии методов модификации поверхности являются создание технологий, обеспечивающих комплексное улучшение характеристик поверхности твердых тел. В работе [1] описан метод электронно-пучковой модификации поверхности, осуществляемый в вакууме при воздействии мощного импульсного электронного пучка с длительностью от единиц до десятков микросекунд. Однако метод электронно-пучковой обработки поверхности металлов имеет принципиальный недостаток, сужающий области его практического использования. Электронный пучок распространяется прямолинейно, поэтому степень его воздействия на поверхность детали сложной формы будет зависеть от угла падения пучка на поверхность.

Для однородной модификации трехмерной детали необходимо обеспечить одновременную обработку всей её поверхности. Целью нашей работы является экспериментальная проверка возможности реализации метода трехмерной плазменно-иммерсионной электронной модификации поверхности металлов. Схема этого метода приведена на рисунке 1.

Наиболее важными параметрами при модификации поверхности являются плотность энергии и плотность мощности, поскольку для плавления даже поверхностного слоя металла необходимо затратить достаточно большое количество энергии, а высокая теплопроводность металлов требует скорости подвода энергии к поверхности, превышающей скорость теплоотвода вглубь металла.

Для реализации процесса трехмерной плазменно-иммерсионной электронной обработки необходимо получить плотность энергии в электронном потоке порядка 10 Дж/см^2 за время $10 - 50 \text{ мкс}$, т.е. концентрация плазмы, служащей источником электронов должна составлять $10^{12}-10^{13} \text{ см}^{-3}$. [2]

Схема установки, на которой проводились эксперименты по трехмерной электронной модификации поверхности твердых тел, приведена в [2].



1 – генераторы плотной плазмы; 2 - вакуумная камера; 3- плазма; 4- импульсный высоковольтный источник электрического смещения; 5 - обрабатываемая деталь; 6 –двойной электрический слой.

Рисунок 1 – Схема метода плазменно-иммерсионной электронной обработки

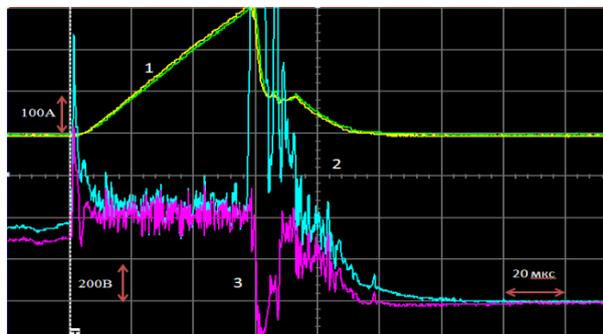
В качестве плазмогенератора (катода) использовалась магнетронно-распылительная система с титановой мишенью. Образец из нержавеющей стали играл роль анода. Сильноточный источник питания обеспечивал выходное напряжение до 900 вольт, импульсы тока амплитудой до 300 ампер, длительностью от 10 до 200 микросекунд и частотой повторения от 20 до 2000 Гц.

Процесс модификации поверхности образца (анода), в свою очередь, является процессом формирования анодных пятен. Их появление сопровождается плавлением, кипением и испарением поверхности анода [3]. Для осуществления модификации поверхности необходимо подобрать такие условия, чтобы поверхность плавилась, но не кипела и не испарялась.

В качестве образцов были выбраны куски профиля из нержавеющей стали, площадь поверхности которых составляла 6 см^2 . В ходе экспериментов подбирались параметры токов и напряжений, при которых процесс плавления был наиболее вероятен. Для регистрации токов использовались пояса Роговского чувствительностью 100 А/в. Измерения фиксировались четырехканальным осциллографом АКТАКОМ 3107 Pro. Характерная осциллограмма процесса плавления представлена

на рисунке 2. Частота следования импульсов составляла 20 Гц при длительности импульса 70 мкс.

Как видно из приведенной осциллограммы, амплитуда тока на образце (1) достигает 300 А, а напряжение горения магнетронного разряда (2 и 3) равняется 400 вольтам.

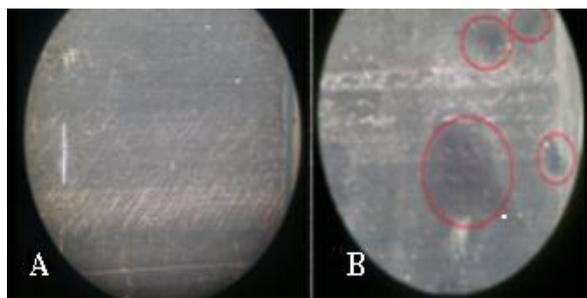


1- Ток на образце, 2 – напряжение на образце, 3 – потенциал плазмы.

Рисунок 2 – Характерная осциллограмма процесса плавления

Выбросы напряжения (2) соответствуют появлению анодных пятен на образце. Подобное явление описывается в работе [4]. В настоящее время остается необъяснимым провал потенциала плазмы (3) в момент появления анодного пятна.

В таком режиме на образец было подано 1500 импульсов. В результате такого воздействия поверхность образца претерпела структурно-фазовые изменения – появились области плавления. Поверхность образца до и после обработки представлена на рисунке 3.



А - необработанный образец; В - обработанный образец.

Рисунок 3 – Поверхность образца

Снимки сделаны при помощи микроскопа МБС-10 при 12кратном увеличении. Следы плавления на обработанном образце (рисунок 3, В) отмечены красным. Плотность энергии при таком режиме составила около 2 Дж/см².

В ходе работы были заложены основы метода трехмерной электронной модификации поверхности твердых тел.

В ходе дальнейших исследований будут предприняты попытки добиться равномерной обработки поверхности всего образца. Для этого следует увеличивать плотность мощности до 10-15 Дж/см². Чтобы достичь лучших результатов, можно уменьшить площадь образца, либо увеличить ток на образце.

Список литературы:

1. Ю.Ф. Иванов, Ю.А. Колубаева, С.В. Григорьев, В.Е. Овчаренко, Н.Н. Коваль. Наноструктуризация поверхности твердого сплава TiC-NiCrAl электронно-пучковой обработкой // Известия Томского политехнического университета 2008. – №2. – С.110-113.
2. Козырев А.В., Сочугов Н.С., Захаров А.Н., Оскирко В.О., Семенов В.А., Семенов Н.С. Генератор объемной плазмы высокой плотности на основе сильноточного импульсного магнетронного разряда // Известия ВУЗов 2012. - №2. – С. 61-68.
3. Raymond L. Boxman, Philip J. Martin, David Sanders. Handbook of vacuum arc science and technology: fundamentals and applications / US 1995. – 740p.
4. D.F. Alferov, V.A. Nevrovskii, V.A. Sidorov. Anode Mode of Vacuum Arc in a Multirod Electrode System / High Temperature 2002. – Vol.40. – No.1. – pp. 15-20.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ЛЮМИНЕСЦИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВТОРИЧНОЙ ОПТИКИ СВЕТОДИОДНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

Суриков Д.В., Вильчинская С.С., Степаненко А.В.

Научный руководитель: Олешко В.И., профессор, д.ф.м.н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: dmitriy.surikov@mail.ru

Наряду с экономией электроэнергии, светоизлучающие диоды (СИД) характеризуются такими преимуществами как длительный срок службы (больше 50000 часов), высокой надежностью и механической прочностью, отсутствием ультрафиолетового вредного для здоровья излучения и опасных веществ, малыми размерами, прямой направленностью излучения, малым тепловыделением [1].

Настоящая работа направлена на создание светодиода белого света с разделенными в пространстве полупроводниковым кристаллом и люминофорным преобразователем спектра. В работе исследовались спектрально-кинетические свойства люминофора ЛЕЙД 560 и его композиции с полимером. Люминофор ЛЕЙД 560 материал, на основе галлийгадолиниевого граната, излучающий при УФ-возбуждении и предназначен для светодиодных источников белого света. Композитный материал синтезировался в форме полимерных пленок. В качестве пленкообразующего полимера использовали растворы сополимера метилметакрилата с метакриловой кислотой (СП ММА-МАК) различной вязкости в органических растворителях. Композиции в форме полимерных пленок получали методом полива из смеси СП ММА-МАК с люминофором на тщательно очищенных стеклах с последующим удалением растворителя. Концентрация исследуемого вещества по отношению к раствору полимера составляла 1, 5, 10, 15, 20, 25, 35, 50 масс.%. Толщину сформированных пленок измеряли микрометром; она в среднем составляла около 20 мкм.

Для возбуждения ИФЛ люминофоров и композитов применялся импульсный азотный лазер с длиной волны 337,1 нм (длительность импульса 2,5 нс). Образец устанавливался под углом 45° к направлению распространения лазерного излучения. Угол между возбуждаемой поверхностью композита и оптической осью системы регистрации излучения составлял 45°. Спектрально-кинетические измерения люминесценции производились методом последовательного измерения осциллограмм свечения образцов при различных длинах волн после возбуждения импульсным лазерным излучением. Данный метод позволял регистрировать спектры ИФЛ образцов с временным разрешением 10 нс с помощью монохроматора МДР-23 (обратная линейная дисперсия 1,3 нм/мм), ФЭУ-84, ФЭУ-97 и осциллографа TDS 2014 [2].

Для выяснения особенностей люминесцентных характеристик полиакрилатных

композитов, измерены спектрально-кинетические характеристики порошков люминофора ЛЕЙД 560 и сополимера метилметакрилата с метакриловой кислотой. Видно, что спектр ИФЛ люминофора ЛЕЙД 560 состоит из широкой полосы с максимумом при $\lambda_m = 540$ нм (ширина полосы на полувысоте 0,43 эВ) с временем затухания $\tau_3 \approx 60$ нс (рис.1 №1). Увеличение интенсивности ИФЛ в области $\lambda = 340$ нм связано с рассеянным излучением азотного лазера $\lambda = 337,1$ нм, «хвост» которого распространяется в область 340-350 нм. Длительность этого свечения на полувысоте составляет $t \leq 14$ нс и определяется временным разрешением регистрирующего тракта импульсного спектрометра. Видно, что спектр ИФЛ полимерной пленки СП ММА-МАК состоит из широкой полосы с максимумом расположенным в области $\lambda_m = 410 - 450$ нм (ширина полосы на полувысоте 0,8 эВ). Длительность этого свечения на полувысоте составляет $t \leq 14$ нс и определяется временным разрешением регистрирующего тракта импульсного спектрометра (рис.1 №2). Увеличение интенсивности ИФЛ в области $\lambda = (340 - 360)$ нм связано с рассеянным излучением азотного лазера $\lambda = 337,1$ нм. Спектры люминесценции ЛЕЙД 560 в зависимости от содержания в композиции с СП ММА-МАК приведены на рис.1 №3-5. Видно, что спектр ИФЛ композита состоит из двух полос: коротковолновой с максимумом в области (410-430) нм, связанной с полимерной пленкой и длинноволновой с максимумом в области (510-540) нм которая принадлежит люминофору ЛЕЙД 560. Кинетические характеристики ИФЛ люминофора, введенного в полимерную матрицу идентичны кинетическим характеристикам исходного (порошок) люминофора ЛЕЙД 560. Изменение интенсивностей полос $\lambda = 430$ нм и $\lambda = 540$ нм с увеличением содержания люминофора в композите приводит к изменению положения максимумов полос ИФЛ.

Зависимость интенсивности ИФЛ композита ЛЕЙД 560: СП ММА-МАК ($\lambda = 540$ нм) и ($\lambda = 430$ нм) от содержания люминофора в композите с СП ММА-МАК приведены на рис. 2 №1,2.

Изучено влияние кинематической вязкости исходного раствора полимера на интенсивность люминесценции люминофора и полимерной пленки в композите (рис. 3). Видно, что интенсивность свечения люминофора при одном и том же содержании люминофора ($C = 20$ масс.%) в полимерной композиции существенно возрастает при увеличении кинематической вязкости исходного раствора полимера.

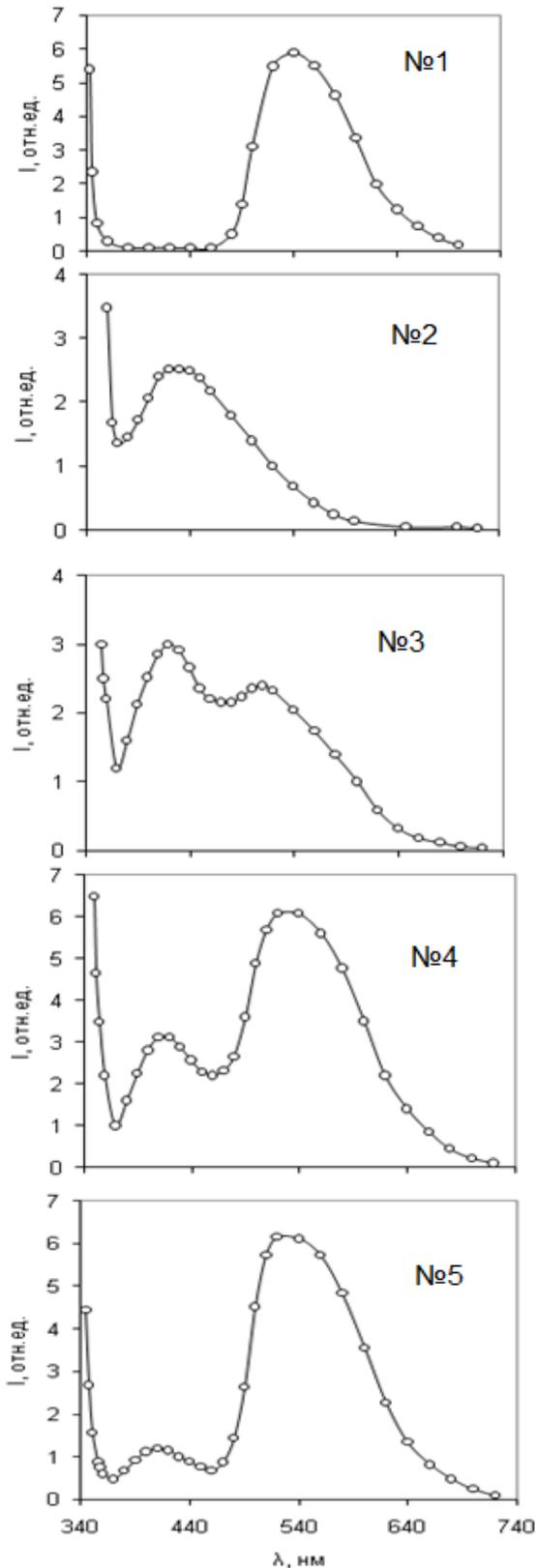


Рис. 1. Спектры ИФЛ исследуемых материалов: 1 - люминофора ЛЕЙД 560; 2 - полимерной пленки СПММА-МАК; 3 - композита ЛЕЙД 560:СПММА-МАК (1% люминофора); 4 - композита ЛЕЙД 560:СПММА-МАК (5% люминофора); 5 - композита ЛЕЙД 560:СПММА-МАК (35% люминофора)

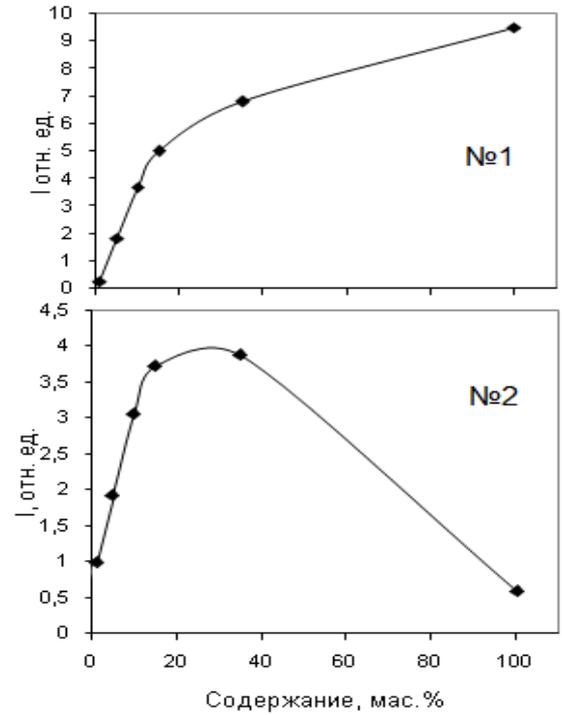


Рис. 2. Зависимость интенсивности ИФЛ люминофора ЛЕЙД 560 от его содержания в композиции СП ММА-МАК: 1 - $\lambda = 540$ нм; 2 - $\lambda = 430$ нм

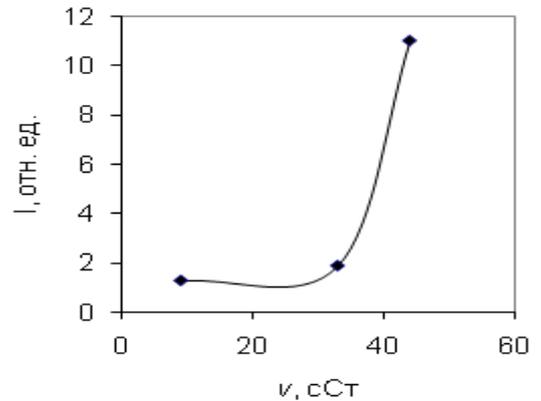


Рис. 3. Зависимость интенсивности ИФЛ ($\lambda = 560$ нм) композита ЛЕЙД 560: СП ММА-МАК от кинематической вязкости полимера

Установлены следующие закономерности. Спектр и кинетика люминесценции люминофора в порошке и в композитах не изменяются. Интенсивность люминесценции композитов зависит от содержания люминофора в полимере. При одном и том же составе композита интенсивность свечения люминофора существенно выше при использовании более вязкого раствора полимера.

1. Шуберт Ф.Е. Светодиоды / пер. с англ. под ред. А.Э. Юновича. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 496 с.
2. Лисицын В.М., Корепанов В.И. Спектральные измерения с временным разрешением. Учебное пособие. – Томск: Издательство ТПУ, 2007. – 94с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИОСОВМЕСТИМЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ СЕРЕБРОСОДЕРЖАЩЕГО ГИДРОКСИАПАТИТА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ВЧ-МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ.

Сыромотина Д.С., Иванова А.А., Кравчук К.С.*

Научный руководитель: Сурменев Р.А., к. ф.-м. н., снс, доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

*Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов,
142190, г. Москва, г. Троицк, ул. Центральная 7а

E-mail: syromotinads@gmail.com

В последнее время в стоматологии для восстановления утраченных или поврежденных зубных рядов широко применяется процедура имплантации. До сих пор существует риск неуспеха данной операции, связанный с инфицированием тканей, окружающих имплантат [1]. Для решения этой проблемы предлагается наносить на стоматологические имплантаты биосовместимые покрытия с антибактериальными свойствами [2]. Такое биокомпозиционное покрытие можно получить путем добавления в его состав серебра, имеющего явно выраженный и проверенный антибактериальный эффект. Так как имплантат находится в контакте с костной тканью, необходимо, чтобы физико-механические свойства его поверхности были максимально приближены к характеристикам кости ($H = 2-4$ ГПа, $E = 7-26$ ГПа) [3]. Кроме того, покрытие на металлических имплантатах должно обладать высокой прочностью сцепления с поверхностью имплантата и оптимальной шероховатостью, обеспечивающей образование прочной связи в системе «имплантата – кость».

Поэтому исследование физико-механических свойств биосовместимых покрытий на основе серебросодержащего гидроксиапатита, полученных методом ВЧ-магнетронного распыления, является важной задачей.

В работе для получения пленок из серебра и гидроксиапатита использовалась модифицированная автоматизированная установка с ВЧ-генератором COMDEL (13,56 МГц). Мишень для распыления готовили путем прессования и последующего спекания порошка серебро-содержащего гидроксиапатита (Ag -ГА) $Ca_{10-x}Ag_x(PO_4)_6(OH)_{2-x}$, ($x=1,5$) на воздухе при температуре $900^\circ C$ в течение 12 ч. Согласно данным химического и фазового анализа, отношение Ca/P материала мишени составляло $1,45 \pm 0,05$. Напыление покрытий на подложку производилось в вакуумной камере при давлении рабочего газа (Ar) $0,1$ Па в ВЧ-разряде мощностью 250 Вт в течение 300 мин. Расстояние между мишенью и подложкой составляло 40 мм. В качестве материала подложки для напыления покрытия применялись технически чистый титан и нержавеющая хромоникелевая медицинская сталь 12X18H10T. Данные материалы широко применяются в области имплантологии, так как являются биоинертными.

В процессе напыления серебросодержащее гидроксиапатитное покрытие полностью покрыва-

ет поверхность подложки, повторяя ее рельеф (рис 1, 2). Видимых дефектов, трещин и сколов не наблюдается.

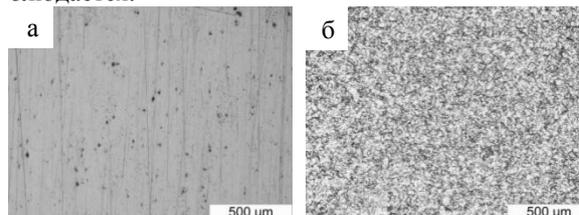


Рис.1 Изображения серебросодержащего ГА покрытия, полученные на оптическом микроскопе «OlympusBX-51»: а) подложка – сталь; б) подложка – титан;

Шероховатость покрытий образцов исследовали профилометрическим методом измерения параметров микронеровностей. Измерение шероховатости покрытия, сформированного на стали показало, что величина параметров профиля соответствует значениям $R_a = 0,03 \pm 0,02$ мкм, $R_z = 0,37 \pm 0,24$ мкм, и практически не изменяет шероховатость подложки $R_a = 0,04 \pm 0,03$ мкм, $R_z = 0,43 \pm 0,24$ мкм. Шероховатость титановой подложки изначально соответствует значениям $R_a = 1,00 \pm 0,22$ мкм, $R_z = 3,30 \pm 0,40$ мкм, сформированное покрытие также не изменяет шероховатость образца $R_a = 1,03 \pm 0,07$ мкм, $R_z = 3,40 \pm 0,55$ мкм.

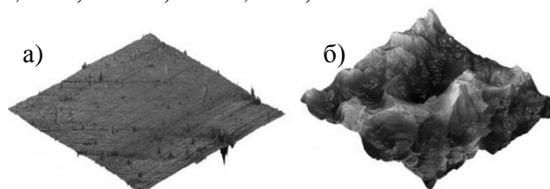


Рис.2 СЗМ изображения поверхности Ag-ГА покрытий (100×100 мкм). а) подложка – сталь; перепад высот 2 мкм. б) подложка – титан; перепад высот 6 мкм.

Толщину покрытий определяли методом эллипсометрии с помощью спектрального эллипсометра «Эллипс-1891». Результаты показали, что толщина полученных покрытий варьируется в пределах 300-500 нм.

Микротвердость и модуль упругости покрытия определялись методом измерительного наноиндентирования сканирующего нанотвердомера «NanoScan-3D» [4], при нагрузках 2 и 5 мН. Средние значения были получены по 4-6 измере-

ниям. В среднем микротвердость покрытий из серебросодержащего гидроксилатапата составила 4-7 ГПа. Значения модуля упругости покрытия для титановых подложек и подложек из стали находится в пределах 130-150 ГПа и 170-230 ГПа, соответственно. Более высокие значения модуля упругости у покрытий на подложках из стали объясняются влиянием самих подложек ($E_{\text{стали}}=200$ ГПа) [5].

Адгезия покрытий исследовалась методом склерометрии с переменной нагрузкой от 0,1 до 100 мН. При нанесении царапин использовался индентор вида алмазной пирамиды типа Берковица с жесткостью 59,5 кН/м. Метод склерометрии позволяет выявить пороговую нагрузку на покрытие, при которой происходит разрушение пленки и ее отслоение от подложки. Исследование покрытия на стали показало, что при конечной нагрузке 100 мН глубина погружения индентора в покрытие составляло 660 нм, и это превышало его толщину. При этом разрушения покрытия и его отслоения от подложки не наблюдалось (рис.3). Это говорит о высокой прочности сцепления покрытия со сталью.



Рис.3 СЗМ изображение царапины покрытия на стали.

Фазовый состав покрытия изучали методом рентгенофазового анализа с помощью дифрактометра "Panalytical Empyrean". Идентификацию фаз на получаемых дифрактограммах производили по картотеке ICDD 09-432.

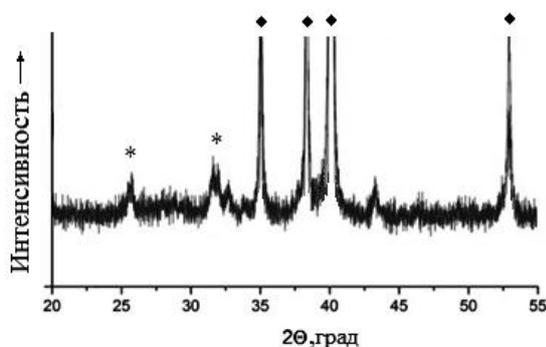


Рис.4 Дифрактограмма Ag- ГА покрытия на титане* – рефлексы ГА, ◆ – рефлексы Ti.

На дифрактограмме покрытия, сформированного на титане, кроме рефлексов материала подложки присутствуют рефлексы, соответствующие гидроксилатапату при 2θ равных $25,9^\circ$ и 32° . Согласно известному уравнению Шеррера рассчитаны средние значения кристаллитов (20-30 нм), что позволило установить их нанокристаллическую структуру.

Как показали исследования, поверхность серебросодержащего кальций – фосфатного покрытия, полученного методом ВЧ-магнетронного распыления является однородной, плотной и не содержит видимых дефектов, трещин и сколов. Пленки имеют нанокристаллическую структуру и высокую прочность сцепления с поверхностью образцов. Покрытия толщиной 300-500 нм обладают микротвердостью в пределах 4-7 ГПа, модулем упругости для титановых подложек и подложек из стали 130-150 ГПа и 170-230 ГПа, соответственно.

Авторы выражают благодарность проф. М. Эппле и доктору О. Примаку (Университет Дуйсбург-Эссен, г. Эссен, Германия) за помощь в выполнении исследований свойств покрытий.

Список литературы

1. Гротовски С. Т. Применение одностадийных имплантатов Горбаччо при реабилитации пациентов подверженных пародонтальным болезням. Результаты 5-летних исследований // Новое в стоматологии. 1998. №3. с. 35-39.
2. Суетенков Д. Е., Лясникова А. В. Перспективы ортодонтической коррекции у пациентов с высоким риском пародонтита с помощью микроимплантатов с модифицированным покрытием // Пародонтология. 2009. №3(52). с. 45-50.
3. Shtansky. D., Recent progress in the field of multicomponent bioactive nanostructured films // J. RSC Advances., 2013, p. 44.
4. Гоголинский К.В., Решетов В.Н., Усеинов А.С. Об унификации определения твердости и возможности перехода при ее измерении к размерным величинам // Измерительная техника. 2011. № 7. С.28-34
5. Эппле М., Биоматериалы и биоминерализация. – Томск.:Ветер, 2007. – 165 с.

НОВЫЙ СПОСОБ БЕЗОТХОДНОЙ УТИЛИЗАЦИИ СТЕКЛОБОЯ

Тарновскі Р.В.

Навучны кіраўніцель: Абіяка А.Н., асістэнт

Нацыянальны даследавальскі Томскі політэхнічны ўніверсітэт, г. Томск, пр. Леніна, 30

E-mail: tarnovskiy@tpu.ru

В любым масавым вытворстве шкля вазнікае праблема ўтылізацыі шклябога. Сборы шклябога, вывоз яго за межы горада і захароненне трэбуюць дадатковых затрат. Кrome того, шкло адносіцца к такім адходам, котрыя практычна не разлагаюцца в естэсвеннай среде. Поэтому захароненне шклябога создаёт такжэ экалагічэскую праблему. В літэратуре прыводіцца апісанне разлічных варыантаў рэшыення гэтай праблемы – іспользаванне шклябога в качэствэ сырэя для вытворства строітэльных матэрыялов, каждый із котрых імае свой дэстоінства і недэстацы.

В данном ісслэдованні расматрэн новы спосаб ўтылізацыі шклябога і адновэрэмэнно новы спосаб получення натрыеваго жідкого шкля, в котром шкло іспользуецца в качэствэ кремнесодэржащэго компонента. По ініцыатыве Томского электралампового заводу была прыведэна экспэрымэнтальная прывэрка данного способа. Суть способа заклучаецца в слэдующэм. Шклябой ізмэльчают і смэшываюць с сухым гідрохосідом натрыя. Затэм смэш шклябога і гідрохосіда натрыя подвэргаюцца помолу в сухом вуде в актываторе, в рэзултытэ чэго прыхосідіт механо-хімічэская актывацыя аморфного оксідэ кремнія і хімічэскіе рэакцыі в твёрдой фазе мездю гідрохосідом натрыя і оксідом кремнія, содэржащымся в шкляе. Рэакцыі ідуць по слэдующэй схэме:



После помолы к образовавшемуся порошку добавляют горячую воду и производят постоянное перемешивание смеси в горячем виде. В результате происходит частичное растворение порошка в воде с образованием раствора силиката натрия.

Данный способ позволяет решить экономическую и экологическую проблемы утилизации шклябога на шкляном вытворстве. Кrome того, этот спосаб хорощ ещэ і тем, что он более прост по сравнению с традиционными способами вытворства жідкого шкля, в котрых прымэняюцца шкляплавільныя пэчы для получення сількат-глыбы і автоклавное оборудовање для ёё растворення. Такжэ к дэстоінствам данного способа можно отнесті отсуствэе не-обходимосты добычы кремнесодэржащэго сырэя.

При проведении данной экспериментальной работы за основу был выбран состав смеси шклябога і щелочы, предложэнный в патенте

РФ №2291106 С2, МПК С01 В33/32, 14.12.2004. В отличие от описанного в патенте состава опробован шклябой электровакуумного шкля, образующийся на Томском электраламповом заводе. Характеристика шкля (марка СЛ 96), іспользуемого в работе прыведэна в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика и состав шкля марки СЛ 96-1

№	Наименование показателей	Результаты	Требования по ГОСТу
1	BaO	2,0 %	1,8 ÷ 2,2%
2	Na ₂ O	15,8 %	15,1 ÷ 16,7%
3	K ₂ O	1,0 %	0,8 ÷ 1,2%
4	CaO	5,3 %	5,0 ÷ 6,0%
5	MgO	3,8 %	3,2 ÷ 3,8%
6	SiO ₂	71,3 %	70,4 ÷ 72,9%
7	Fe ₂ O ₃	0,1 %	Не более 0,1 %
8	Al ₂ O ₃	0,4 %	Не более 1,5 %
9	Термостойкость	140÷150 °С	Не мэнее 110 °С
10	Температура размягчения при вязкости: 10 ¹⁰ Па×с 10 ^{6,6} Па×с	567 660	550÷570 °С 670÷690 °С
11	T _к 100	155	Не мэнее 140 °С
12	Плотность шкля	2,5 г/см ²	-

В ходе эксперимента было взято 500 г шкля і 200 г сухого гідрохосіда натрыя. Эты компонэнты были совмэсно ізмэльчэны в керамічэской шаровой мэльнице. Затэм состав был до-ізмэльчэнь в планетарной мэльнице. В рэзултытэ получэнь тонкий порошок свэтно-серого цвэта.

После ізмэльчэния было прывэденэ двэ стадіы растворення получэнного порошка. К навэске порошка массой 150 г было добавлэно 150 г горячэй воды. Получэнная суспензія выдэржана в стакане с мэшалкой при нагрэваніи в течэние 1,5 часов. В рэзултытэ наблюдэлось частічнэе раствореніе порошка. Затэм в барабан керамічэской шаровой мэльницы был за-гружэнь оставшійся порошок массой 439,4 г с добавлэніем к нему 440 г горячэй воды і суспензії, подвэржавшэйся пробному растворенію в стакане с мэшалкой. Получэнная смэш под-

вергалась растворению в шаровой мельнице в течение пяти часов. В результате получена суспензия серого цвета из раствора силиката натрия и нерастворившихся частиц стекла.

Для оценки свойств полученного жидкого стекла проведен анализ силикатного модуля и определена доля нерастворённого стекла [2].

Определение силикатного модуля производилось по ГОСТ 13078-81 ускоренным методом.

Данный метод основан на последовательном титровании раствором соляной кислоты жидкого натриевого стекла и раствором гидроокиси натрия до получения бесцветного раствора.

В коническую колбу вводилась 7 капель исследуемого раствора жидкого стекла и добавлялись 70 см³ дистиллированной воды и 7 капель раствора смешанного кислотного-основного индикатора. Исследуемый раствор титровался раствором соляной кислоты 0,5 моль/дм³ до изменения зеленовато-голубой окраски в фиолетовую.

Затем добавляется 50 см³ раствора смеси фтористого натрия и хлористого калия, после чего добавляется раствор соляной кислоты 0,5 моль/дм³ до изменения зеленовато-голубой окраски в устойчивую фиолетовую. Избыток кислоты оттитровывался 0,5 моль/дм³ раствором гидроокиси натрия до перехода фиолетового цвета в зеленовато-голубой.

Силикатный модуль (M) вычислялся по формуле (1) и составил 1,7.

$$M = \frac{V_1 - V_2}{2V}, \quad (1)$$

где V – объем раствора соляной кислоты, использованный при титровании, см³; V₁ – объем добавленного раствора соляной кислоты, см³; V₂ – объем раствора гидроокиси натрия, использованный при титровании, см³.

Определение доли нерастворённого порошка стеклобоя проводилось методом фильтрования. Навеска суспензии массой 20,05 г была разведена в 100 мл дистиллированной воды. Полученный раствор фильтровался под тягой, создаваемой водоструйным насосом. Масса фильтра до фильтрования составила 1,0067 г. Масса фильтра после фильтрования – 7,673 г. Масса осадка рассчитывалась по формуле (2) и составила 6,6663 г.

$$m_{oc} = m_{\phi}^k - m_{\phi}^n \quad (2)$$

Доля осадка рассчитывалась по формуле 3:

$$\omega_{oc} = \frac{m_{oc} \times (m_{II} + m_{B})}{m \times m_{II}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\omega_{oc} = \frac{6,6663 \text{ г} \times (39,4 \text{ г} + 440 \text{ г})}{20,05 \text{ г} \times 439,4 \text{ г}} \times 100\% = 66,54\%$$

Доля нерастворённого порошка стеклобоя рассчитывалась по формуле 4 и составила 93,16 %:

$$\omega_{нер.сб} = \omega_{oc} \frac{m_{сб} + m_{NaOH}}{m_{сб}} \quad (4)$$

$$\omega_{нер.сб} = 66,54\% \times \frac{500 \text{ г} + 200 \text{ г}}{500 \text{ г}} = 93,16\%$$

Таким образом, растворимость стеклобоя, рассчитанная по формуле 5 составила 6,84 %.

$$\omega_{р.сб} = 100\% - \omega_{нер.сб} \quad (5)$$

$$\omega_{р.сб} = 100\% - 93,16\% = 6,84\%$$

Таблица 2. Сравнительная характеристика

Наименование показателей	Результаты, указанные в патенте	Результаты по данным эксперимента
Содержание SiO ₂ в стекле	71,5 %	71,3 %
Силикатный модуль M	2,48	1,7
Растворимость стеклобоя	94 %	6,84 %

Силикатный модуль и растворимость электровакуумного стеклобоя по данным эксперимента значительно ниже значений, указанных в патенте. Это можно объяснить высокой химической устойчивостью электровакуумного стекла и недостаточной степенью его измельчения. В стекле, описанном в патенте суммарное содержание оксидов кальция и магния составило 6,6 %, в то время как в стекле, использованном в данном эксперименте, это значение составило 9,1 %, что также объясняет более низкую растворимость стекла.

Таким образом, данный способ получения раствора жидкого стекла является нецелесообразным в случае применения электровакуумного стекла с данным количеством щелочи.

Список литературы:

1. Патент РФ № 2291106. СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ЖИДКОГО СТЕКЛА / Авторы: Арсентьев В. А., Вайсберг Л. А., Кнатько М. В., Кнатько В. М., Крапивский Е. И.; Заявлено 14.12.2004; Оpubл. 10.01.2007.
2. В.И. Корнеев, В.В. Данилов. Жидкое и растворимое стекло. Санкт-Петербург. Стройиздат СПб 1996, 216 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИОННОПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ НА СТАЛЬ 65X13

Тоги́на Д.А., Ваули́на О.Ю.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: volgay@tpu.ru

Развитие машиностроения определяет главным образом возможность создания и получения в достаточных количествах конструкционных материалов, отвечающих комплексу требований современной индустрии и новой техники. Создание инструментальных материалов, обладающих повышенной износостойкостью, высокой прочностью, а также вязкостью, способностью сопротивляться кратковременному высокоэнергетическому воздействию является актуальной задачей и возможности их применения могут быть расширены при оптимизации параметров состава, микротвердости и адгезии покрытий.

Традиционный метод повышения режущих свойств инструмента легированием в настоящее время сдерживается в связи с дефицитом ряда легирующих элементов и вследствие этого практически важной задачей становится поиск научно-обоснованных режимов дополнительной обработки инструмента. Ионно-плазменные покрытия на поверхности режущего инструмента позволяют повысить его сопротивление износу при эксплуатации, расширить границы технологических возможностей и уменьшить расход инструментальных материалов, а также улучшить качество обработанной поверхности деталей. Износостойкие покрытия стали неотъемлемой частью современных инструментальных материалов, и большинство современных пластин снабжены тем или иным покрытием.

Целью работы являлось изучение структуры и свойств покрытий N, TiN, ZrN и (Ti,Al)N на пластинках из стали 65X13.

В качестве материала исследования были взяты пластины стали 65X13.

Образцы исследования представляли собой пластинки размером $10 \times 15 \times 1 \text{ мм}^3$. Поверхность стали готовили механической шлифовкой и полировкой. Затем в заводских условия образцы напылили N, ZrN и (Ti,Al)N. Структурные исследования выполняли на металлографическом лабораторном микроскопе ЛабОмет-И. Микротвердость измеряли на микротвердомере ПМТ-3.

Покрытие нитрид циркония (ZrN) представляет покрытие с нежным лимонно-жёлтым цветом. Используется в течение многих лет в различных отраслях промышленности. Обладая превосходной комбинацией эрозионной стойкости, коэффициента трения и мягкостью.

Это покрытие хорошо работает со всеми цветными металлами [1].

Цель создания покрытий (Ti,Al)N заключалась в увеличении их тепло- и износостойкости, стойкости к окислительному износу по сравнению с существующими покрытиями. Покрытие (Ti,Al)N обладают хорошей стойкостью к окислению при более высокой твердости. (Ti,Al)N создает тепловой барьер, практически изолирующий инструментальный материал. Происходит перераспределение тепловых потоков, и большая часть тепла уходит в стружку. При нанесении покрытия (Ti,Al)N на быстрорежущие развертки их стойкость возрастает более чем в четыре раза по сравнению с инструментом без покрытия [1, 2].

Микротвердость измеряли на торцевой поверхности по толщине образцов, по несколько дорожек для одного покрытия. Затем строили кривые зависимости микротвердости по толщине образца. Кривые представлены на рисунке 1.

На всех графиках хорошо видно, что напыленный слой обладает большей микротвердостью, чем сердцевина. Микротвердость у поверхности по торцу обработанных образцов составляет $300\text{-}350 \text{ Н/мм}^2$ (рисунок 1), плавно понижается к сердцевине до 210 Н/мм^2 . Самой высокой твердостью обладает покрытие N. При измерении микротвердости исходных образцов было получено значение выше (350 Н/мм^2). Снижение величины твердости у исходной стали в сравнении с обработанной можно объяснить тем, что ионно-плазменное напыление происходит при температуре $550\text{--}600^\circ\text{C}$, что является для данной стали температурой высокого отпуска.

По микроструктуре торцевых поверхностей видно, что сердцевина во всех образцах повторяет исходную структуру, напыленный слой плохо травится, и отличается от сердцевины.

Микротвердость измеряли на торцевых поверхностях, на самой поверхности микротвердость измерить не удалось, так как при минимальной нагрузке данного метода протыкается напыленный слой и мы мерим уже сердцевину. Измерения твердости тонкого поверхностного слоя было проведено на наноиндентере. Было сделано по несколько уколов на каждом покрытии, построены графики зависимости нанотвердости от силы проникновения индентора, типичные кривые для каждого напыления представлены на рисунке 2.

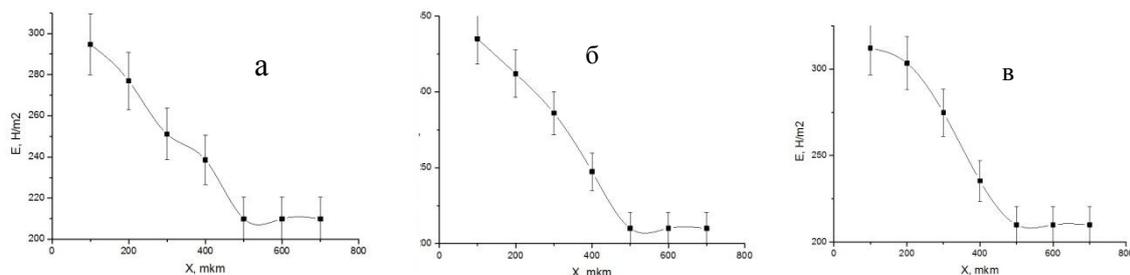


Рисунок 1 – Зависимость микротвердости по толщине образцов с покрытиями: а) ZrN, б) N, в) (Ti,Al)N

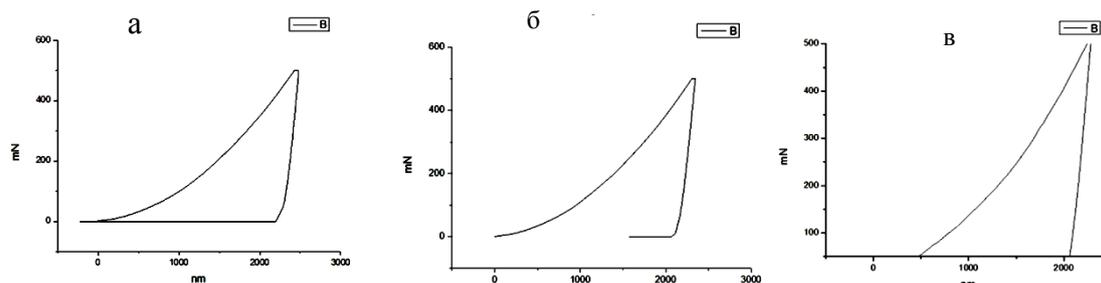


Рисунок 2. Зависимость нанотвердости от силы проникновения индентора в покрытие: а) ZrN, б) N, в) (Ti,Al)N

При максимальном проникновении пирамиды Берковича в образцы средняя твердость имела значения, приведенные в таблице 1. По этим результатам можно сказать, что наибольшей нанотвердостью обладает покрытие (Al, Ti)N, самой маленькой после исходной стали – азотированный слой. Это можно объяснить твердостью образовавшихся при напылении нитридов. Безусловно, твердость нитридов титана больше. Эта технология автоматически рассчитывает модуль Юнга (табл.1).

Таблица 1 - Сводная таблица полученных данных (E_{cp} – модуль Юнга, H_{cp} – средняя нанотвердость, $K_{и}$ – относительный износ)

Материал	E_{cp} , Н/мм ²	H_{cp} , Н/мм ²	$K_{и}$
65X13	2378	4066	1.13
N	292111	4352	1.27
ZrN	233927	4361	1.9
(Ti,Al)N	235723	5833	2.9

В работе провели испытания наших покрытий на износ, сравнили с износом исходной стали. Дорожки износа демонстрирует схожий характер исходной стали, N-покрытие и ZrN-покрытие, и отличаются от износа (Ti,Al)N. Это же видно при большем увеличении, на границе износа и основного материала.

Полученные результаты показаны в виде гистограмм на рисунке 3. Видно, что самые хорошие результаты на износ показало покрытие (Ti,Al)N. В нем наряду с твердыми нитридами

титана присутствуют пластичные нитриды алюминия, что показывает наилучший результат.

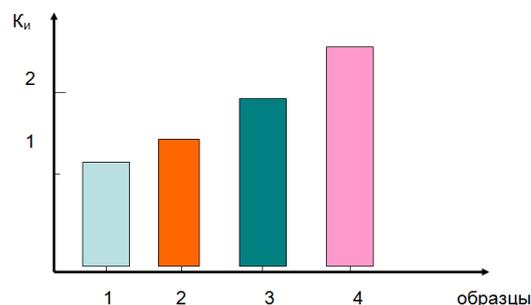


Рисунок 3. Зависимость коэффициента износостойкости $K_{и}$ от исследуемых образцов: 1 - 65X13, 2 - азотированный, 3 - покрытие ZrN, 4 - покрытие (Ti,Al)N

Заключение

По полученным данным видна хорошая корреляция результатов по твердости и износостойкости – самые твердые покрытия показали и наилучшую износостойкость. Из исследованных образцов по всем критериям лучшие результаты показало покрытие (Ti,Al)N. Но и другие покрытие показали результаты выше исходной стали.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука».

Литература

1. Андриевский Р.А., Спивак И.И. Прочность тугоплавких соединений и материалов на их основе. – Челябинск: Металлургия, 1989. – 368 с.
2. Верещака А.С., Третьяков И.П. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. – М.: Машиностроение, 1986. – 192 с.

ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗ ЭВТЕКТИЧЕСКОГО ХРОМОВАНАДИЕВОГО ЧУГУНА

Толстокулаков А.М., Зиганшин А.И.

Научный руководитель: Дампилон Б.В., научный сотрудник, к.т.н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр.
Ленина, 30

ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634021, Россия, Томск

E-mail: Ist.Jimmy@mail.ru

Введение

Одной из перспективных для нанесения покрытий и модифицирования поверхностного слоя является вакуумная электронно-лучевая технология. Технология позволяет наносить на детали тонкие покрытия в режиме напыления, покрытия значительной толщины в режиме наплавки порошковых материалов, а также производить обработку поверхности непрерывными и импульсными пучками электронов. Использование комплекса режимов электронно-лучевой технологии позволит конструировать рабочую поверхность тяжело нагруженных деталей машин и механизмов.

В настоящей работе представлены результаты исследования структуры и некоторых свойств модифицированных зон, полученных локальной импульсной электронно-лучевой обработкой на поверхности покрытий из хромованадиевого чугуна.

Материал и методики исследований

Покрытия из эвтектического хромованадиевого чугуна были нанесены на подложки из малоуглеродистой стали методом электронно-лучевой наплавки (ЭЛН) в вакууме. Толщина наплавленных покрытий 2 мм. После шлифовки поверхность покрытий была локально обработана импульсным сфокусированным в точку ($\varnothing 1$ мм) электронным лучом с дискретным точечным распределением в квадратной упаковке по площади поверхности покрытия. Каждая модифицированная зона образована в результате одного импульса электронного пучка с длительностью 15 миллисекунд. Микроструктуру модифицированных зон исследовали с помощью растрового электронного микроскопа Leo Evo 50 с использованием микрорентгеноспектрального анализа. Твердость модифицированных зон измеряли с помощью измерительного комплекса Nanotest. Термическую обработку образцов проводили в вакуумной печи при различных температурах от 500 до 1100°C с выдержкой 30 минут.

Результаты исследований и их обсуждение

В результате локальной импульсной обработки электронным лучом на поверхности покрытия из хромованадиевого чугуна сформировались модифицированные зоны (зоны импульсного воздействия). Диаметр каждой зоны на поверхности составил порядка 500-600 мкм с глубиной 400-500 мкм. Между модифицированными зонами остались прослойки покрытия, не подвергавшиеся воздействию электронного луча и необходимые для релаксации напряжений на границе раздела основного материала с модифицированными зонами. Модифицированные зоны образовались через жидкую фазу. При воздействии импульсного (15 мсек.) сфокусированного в точку пучка электронов на поверхность покрытия, материал в зоне воздействия быстро нагревается до температуры плавления и мгновенно кристаллизуется за счет интенсивного отвода тепла в объем материала. В результате такого воздействия материал в зоне воздействия находится в сильнонеравновесном структурном состоянии. Процесс можно характеризовать как закалку из жидкого состояния.

Результаты исследований с использованием растровой электронной микроскопии показали значительное изменение структуры модифицированных зон по сравнению со структурой исходного покрытия. Модифицированные зоны состоят из двух фаз. Первая фаза представляет собой сильнопересыщенный аустенит, а вторая – ультрадисперсные зародыши эвтектики, имеющие характерную для эвтектики разветвленную форму. Аустенитная фаза имеет однородную структуру, занимает основной объем модифицированной зоны и фактически не травится «царской водкой». После травления сильнопересыщенный аустенит имеет вид сплошного каркаса с вытравленными участками зародышей эвтектики

В результате обработки покрытий из эвтектического хромованадиевого чугуна

импульсным электронным лучом формируются модифицированные зоны с сильнонеравновесным структурно-фазовым состоянием. С целью приведения материала модифицированной зоны в более равновесное структурное состояние был проведен отжиг образцов при различных температурах. Результаты исследования показали, что после отжига при $T=500^{\circ}\text{C}$ наблюдается распад сильнопересыщенного аустенита на эвтектоид с наноразмерными структурными аморфной фазы. Структура распавшейся аморфной фазы имеет вид эвтектики с наноразмерными структурными составляющими. Отжиг при более высоких температурах ($700\text{--}800^{\circ}\text{C}$) приводит также к распаду аморфной фазы, заметному росту и коагуляции карбидной фазы эвтектики. После отжига при 1100°C карбидная фаза уже представлена в виде отдельных частиц имеющих дисперсность 1-2 мкм. Вторичные карбиды в зависимости от режимов термообработки имеют дисперсность от десятков нанометров до единиц микрометров, равномерно распределяясь в объеме модифицированных зон. Импульсная локальная обработка сфокусированным электронным лучом покрытий из эвтектического хромованадиевого чугуна, полученных электронно-лучевой наплавкой и последующий высокотемпературный отжиг приводят к значительному изменению структуры материала в модифицированных зонах относительно материала покрытия. Формируя сверхнеравновесное структурное состояние материала, можно в дальнейшем управлять его структурой последующей термической обработкой.

Проведенные измерения с помощью измерительного комплекса NanoTest показали, что материал модифицированных зон имеет очень низкие показатели твердости и модуля упругости. Низкие значения указанных свойств, вероятно, связаны с аморфным метастабильным состоянием основной фазы. Последующий высокотемпературный отжиг образцов приводит к значительному увеличению твердости и модуля упругости модифицированных зон. Вероятно, с увеличением температуры отжига за счет диффузионных процессов происходит достраивание карбидов до равновесного стехиометрического состава с увеличением их твердости и модуля упругости.

Заключение

Локальная импульсная электронно-лучевая обработка покрытий из эвтектического хромованадиевого чугуна приводит к образованию модифицированных зон с сильнонеравновесным структурным состоянием.

Материал модифицированной зоны состоит из сильнопересыщенного аустенита и зародышей эвтектики.

Модифицированные зоны имеют низкие показатели твердости из-за значительного количества сильнопересыщенного аустенита.

Последующий отжиг образцов при 500°C приводит к распаду сильнопересыщенного аустенита на эвтектоид с наноразмерными структурными составляющими.

Увеличение температуры отжига до 1100°C приводит к значительному росту и коагуляции карбидной фазы.

Отжиг образцов в диапазоне $900\text{--}1100^{\circ}\text{C}$ приводит к значительному увеличению твердости модифицированных зон. Повышение твердости вероятно связано с достраиванием карбидов до равновесного стехиометрического состава в указанном диапазоне температур.

Использование комплексной технологии включающей в себя электронно-лучевую наплавку, импульсную электронно-лучевую обработку и термическую обработку позволит конструировать поверхностные слои с высокими эксплуатационными свойствами на рабочей поверхности тяжело нагруженных деталей.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Наука».

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчаренко В.Е., Псахье С.Г., Лапшин О.В., Колобова Е.Г. Модификация металлокерамического сплава электронно-импульсной обработкой его поверхности // Изв-я Томского политехнического университета. Технические науки. 2004. Том 37. №6. С. 75-80.
2. Полетика И.М., Гнусов С.Ф., Голковский М.Г. и др. Создание упрочняющих покрытий электронно-лучевой наплавкой и последующей импульсной обработкой электронным пучком // Упрочняющие технологии и покрытия. 2011. №1. С. 15-22.
3. Гнусов С.Ф., Тарасов С.Ю., Иванов Ю.Ф., Ротштейн В.П. Влияние импульсного электронно-лучевого плавления на микроструктуру и триботехнические свойства твердого сплава WC-сталь 110Г13 // Proc. of 6th Intern. Conf. on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows. 23–28 Sept. 2002, Tomsk, Russia.
4. Proskurovsky D., Rotshtein V., Ozur G., et al. Pulsed electron-beam technology for surface modification of metallic materials // J. Vac. Sci. Technol. A 1694, 1998.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРИСТОЙ КЕРАМИКИ СИСТЕМЫ $ZrO_2 - Al_2O_3$.

Третьяков Д. А.

Научные руководители: Жуков И. А., к.т.н., Буякова С. П., д.т.н.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, ,

634050, Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4

Томский государственный университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36

E-mail: treden90@mail.ru

Композиционные материалы $ZrO_2 - Al_2O_3$ обладают высокой прочностью, высокой вязкостью разрушения, коррозионной стойкостью, термостойкостью. Оксид алюминия и диоксид циркония идентичны неорганической составляющей костной ткани по типу химической связи, что, с позиций биологической совместимости, ставит их в приоритетное положение, относительно металлов и высокомолекулярных соединений, в качестве материалов для изготовления остеозамещающих имплантатов костной ткани. Наличие столь широкого спектра свойств керамики системы $ZrO_2-Al_2O_3$ позволяет использовать её в качестве материала для производства биоимплантов, носителей катализаторов, мембран, фильтров. Пористость материала и поровая структура определяют рабочие характеристики этих изделий. Для того чтобы обеспечить требуемую пористость и необходимую морфологию пор в керамических материалах наиболее часто используется метод основанный на введении и последующем удалении отжигом органического порообразователя. Однако, несмотря на простоту, доступность и дешевизну, такой подход обеспечения требуемого объема порового пространства обладает недостатком, который заключается в том, что в пористом материале после обжига присутствуют продукты горения порообразователя – углерод и его соединения. Наличие посторонних примесей в объеме материала недопустимо для биоимплантов, некоторых носителей катализаторов и фильтров. Чтобы избежать присутствия в пористом материале посторонних примесей применяют методы, в которых требуемая пористость достигается благодаря разложению компонентов шихты до более простых соединений, в процессе спекания материала, сопровождающимся выделением газа. Одним из примеров такой реакции является разложение гидроксидов до оксидов. Хотя такой способ получения пористых керамических материалов известен, в литературе отсутствуют данные о структуре и свойствах материалов, получаемых таким методом. Поэтому изучение структуры и

свойств пористых композиционных материалов $ZrO_2 - Al_2O_3$, полученных с использованием гидроксида является актуальной задачей с позиций современного материаловедения.

В качестве материала для исследований использовались порошки $ZrO_2(Y_2O_3)$, $Al(OH)_3$ и композиты $ZrO_2 - Al_2O_3$, полученные на основе этих порошков. Порошок $ZrO_2(Y_2O_3)$ был получен разложением жидкофазных прекурсоров в плазме высокочастотного разряда и представлял собой твердый раствор состава 97 мольн. % $ZrO_2 - 3$ мольн. % Y_2O_3 . Порошок гидроксида алюминия был получен гидролизом высокодисперсного порошка алюминия при температуре 80 °С. Получение композиционных материалов заключалось в прессовании смесей порошков диоксида циркония и гидроксида алюминия и их последующего спекания. Объемная доля $Al(OH)_3$ в исходной шихте составляла 1, 5, 10, 25, 50 %. Спекание прессовок осуществлялось на воздухе при температуре 1400, 1500, 1550, 1600, 1650 °С.

Согласно данным рентгенофазовых исследований фазовый состав композиционных материалов $ZrO_2 - Al_2O_3$ был представлен тетрагональной и моноклинной модификациями ZrO_2 и высокотемпературной модификацией $\alpha - Al_2O_3$. В композитах с содержанием гидроксида алюминия в исходной шихте 1, 5 и 10 % количество доли тетрагональной фазы ZrO_2 сохранялась на уровне 90 % при увеличении температуры спекания вплоть до 1600 °С, рисунок 1. Для композитов $ZrO_2 - Al_2O_3$, в которых в исходной порошковой смеси объемная доля $Al(OH)_3$ составляла 25 и 50 %, содержание тетрагональной фазы ZrO_2 уменьшалось до 50 % при температуре спекания 1500 °С и выше. При температуре спекания 1400 °С содержание тетрагональной фазы диоксида циркония в композитах составляла 100 %.

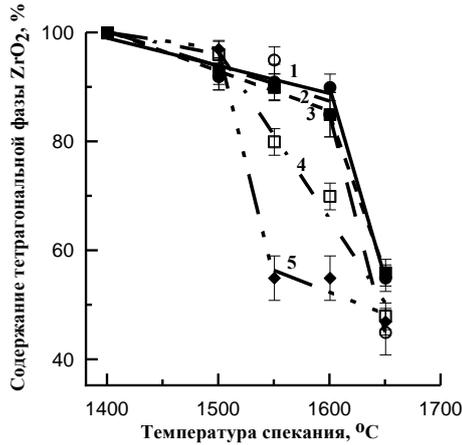


Рисунок 1 – Зависимость содержания тетрагональной фазы от температуры спекания в композитах $ZrO_2 - Al_2O_3$. Зависимости соответствуют содержанию $Al(OH)_3$ в исходной смеси:

1 - ● (1 %); 2 - ○ (5 %); 3 - ■ (10 %); 4 - □ (25 %); 5 - ◆ (50 %)

На соотношение высокотемпературной и низкотемпературной модификаций ZrO_2 в композитах $ZrO_2 - Al_2O_3$, по-видимому, могло оказать влияние присутствие Al_2O_3 . Как показано выше, для композитов с содержанием гидроксида алюминия в исходной шихте 25 и 50 %, что соответствует содержанию Al_2O_3 в спеченных керамиках 21 % и 42 % соответственно, количество тетрагональной фазы диоксида циркония резко снижалось при температуре спекания свыше 1500 °C. Это обстоятельство могло быть также вызвано образованием химического соединения $Y_3Al_5O_{12}$ - алюмоиттриевого граната. Так как стабилизированный диоксид циркония представляет собой твердые растворы замещения, то процесс дестабилизации происходит путем распада твердых растворов на составляющие их оксидные системы. Продуктами распада являются моноклинная фаза диоксида циркония, оксид стабилизирующего элемента и промежуточные оксидные соединения диоксида циркония и стабилизирующего элемента. Образование алюмоиттриевого граната в композиционных материалах $ZrO_2 - Al_2O_3$, по-видимому, могло приводить к дестабилизации высокотемпературной кристаллической модификации диоксида циркония. Однако на рентгенограммах композитов $ZrO_2 - Al_2O_3$ не могли быть обнаружены рефлексы, принадлежащие алюмоиттриевому гранату, ввиду малого количества оксида иттрия в системе.

На рисунке 2 представлена зависимость пористости в композиционных материалах $ZrO_2 - Al_2O_3$ от температуры спекания.

Увеличение объемной доли гидроксида алюминия в исходной смеси порошков приводило к увеличению пористости в спеченных композиционных материалах. Увеличение температуры спекания приводило к уменьшению пористости в композитах во всем интервале температур. Наибольшую пористость во всем температурном интервале имели композиты, в которых объемная доля гидроксида алюминия в исходной смеси порошков составляла 50 %. В композитах, спеченных при температуре 1400 °C, пористость составила 30 % и 55 % при содержании гидроксида алюминия в исходной шихте 1 % и 50 % соответственно. В композиционных материалах, спеченных при температуре 1650 °C пористость составляла 5 % и 25 % при концентрации гидроксида алюминия в исходной шихте 1 и 50 % соответственно

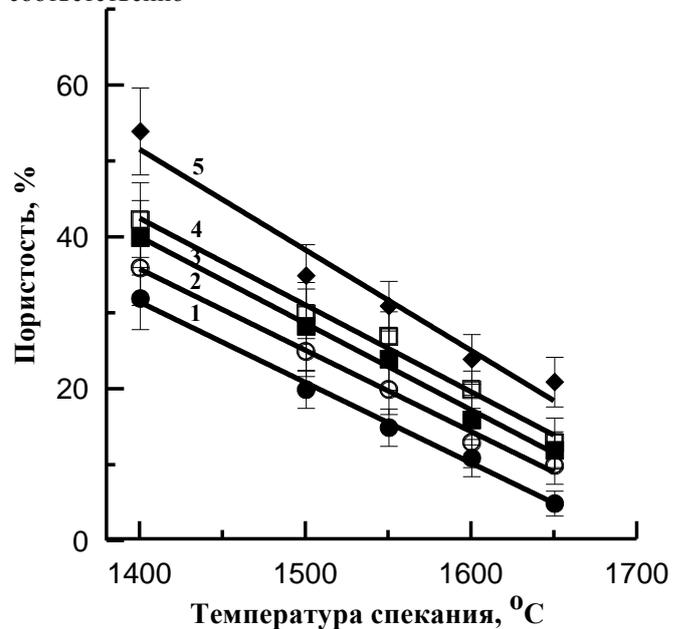


Рисунок 2 – Зависимость пористости от температуры спекания композитов $ZrO_2 - Al_2O_3$. Зависимости соответствуют содержанию $Al(OH)_3$ в исходной смеси:

1 - ● (1 %); 2 - ○ (5 %); 3 - ■ (10 %); 4 - □ (25 %); 5 - ◆ (50 %)

Таким образом, установлено, что увеличение объемной доли гидроксида алюминия в исходной порошковой смеси с $ZrO_2(Y_2O_3)$ приводит к увеличению пористости в спеченных композиционных материалах $ZrO_2 - Al_2O_3$. Выявлено, что на содержание тетрагональной фазы ZrO_2 в композитах, помимо температуры спекания, оказывает влияние присутствие оксида алюминия. Работа выполнена при частичной поддержке грантов: 11.519.11.2020 и госзадания «Наука».

ЭФФЕКТИВНЫЕ СТЕНОВЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ ОПОКОВИДНЫХ ПОРОД И ШЛАМОВ УГЛЕБОГАЩЕНИЯ

Устинов А.В., Котляр А.В., Скапенко Ю.А.

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

Актуальной задачей промышленности стеновой керамики является увеличение производства изделий с классом по средней плотности 0,8, относящимся по теплотехническим характеристикам к группе изделий высокой эффективности с теплопроводностью менее 0,20 Вт/м·°С. Непременным условием при этом должно быть снижение производственных затрат, связанных в первую очередь с сокращением расходов на обжиг. Достижение плотности изделий менее 800 кг/м³ и теплопроводности менее 0,20 Вт/(м·°С), как показал опыт, наиболее целесообразно за счёт увеличения пустотности изделий и формирования пористой структуры черепка.

Проведённый нами технико-экономический анализ позволил выявить перспективность производства эффективных изделий стеновой керамики для юга России и других регионов на основе кремнистых опал-кристобалитовых пород – опок и флотационных отходов углеобогащения – угольных шламов. Опоки – это лёгкие микропористые породы, сложенные в основном мельчайшими частицами опалового кремнезёма. В различном количестве в опоках присутствуют глинистый материал, в виде гидрослюд и монтмориллонита, тонкодисперсный кальцит, цеолиты, терригенные примеси. Цвет от жёлтого до темно-серого. Средняя плотность 1100–1600 кг/м³, пористость достигает 50 %. Химический и минералогический состав опок весьма разнообразен. По химическому составу они близки к суглинкам, лёссам, но по минералогическому составу имеют принципиальные отличия. В суглинках основная часть кремнезёма представлена кварцем, а в опоках – гораздо более реакционноспособным опалом. Залегают они на поверхности, на возвышенных участках, являясь рельефообразующими отложениями. Месторождения отличаются большой мощностью продуктивных толщ и выдержанностью состава. Возможность производства изделий стеновой керамики по пластическому способу формирования на основе глинистых опок обоснована ранее проведёнными работами [1, 2].

Флотационные отходы углеобогащения представляют собой тёмно-серый порошок или во влажном состоянии пластичную массу фракционного состава 0-1 мм, при содержании мелких фракций (< 0,315 мм) более 50 %. В Ростовской области работают 15 углеобогащительных фабрик, скопилось и продолжает увеличиваться большое количество угольных шламов. Зольность шламов колеблется от 40 до 70 %, теплотворная способ-

ность от 1200 до 4200 ккал/кг. Основными компонентами являются измельчённые аргиллиты, с преобладанием гидрослюд, и органическая часть, представленная антрацитом, за счёт чего в них мало летучих, они трудно воспламеняются и горят коротким пламенем.

Наши исследования основывались на следующих предпосылках.

1. Запасы глинистых опок и угольных шламов огромны, а производство крупноразмерных стеновых изделий является весьма актуальным.

2. При вводе угольных шламов в глинистые массы, за счёт их малой газопроницаемости, наблюдается неполное выгорание угольной составляющей [3]. Это влечёт за собой снижение качества изделий, увеличение продолжительности обжига и не возможность в полной мере использовать угольные шламы для экономии газа. Микропористая структура опок способствует полному выгоранию угольной составляющей.

3. Количество топлива, содержащегося в сырьевой смеси не должно превышать 80–90 % от количества топлива, необходимого для обжига.

4. В течение всего цикла обжига в рабочем пространстве печи должна поддерживаться окислительная атмосфера, что обеспечивает полное выгорание углерода и хороший внешний вид изделий.

Нами проводились эксперименты с различными месторождениями глинистых опок и угольными шламами различных обогащительных фабрик. В данной статье приводятся результаты экспериментов для опок Журавского месторождения и отходов углеобогащения обогащительной фабрики «Обуховская».

Опока Журавского месторождения по литолого-технологическому виду является глинисто-карбонатной. Угольные шламы ЦОФ «Обуховская» являются малосернистыми в сравнении с другими аналогичными отходами. Содержание угольной составляющей достигает 40 %. Минеральная часть представлена гидрослюдами с небольшой примесью кварца, полевых шпатов, слюды. Теплотворная способность составляет 3700–4000 ккал/кг. Химический состав используемых материалов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав используемых материалов, % по массе

Материалы	п.п.п	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O+Na ₂ O
Опока	8,28	66,18	10,54	2,97	8,55	0,95	0,30	2,04
Шламы	49,48	29,67	12,35	4,07	1,03	1,07	0,72	1,15

При проведении лабораторно-технологических исследований опоки предварительно измельчались в сухом виде до прохождения через сито 0,63 мм. Затем в заданном соотношении составлялись сырьевые смеси, которые тщательно усреднялись в сухом виде. Затем исходная масса увлажнялась до необходимой формовочной влажности и тщательно перерабатывалась. Формовочная масса вылеживалась в условиях, исключающих подсушку, в течение 24 часов. Далее производилось формование образцов-кубиков 50x50x50 мм, в которых создавалась вертикальная цилиндрическая пустота диаметром 10 мм для лучшего выгорания органической составляющей и с учётом того, что стандартные изделия будут пустотелыми. И также формовались образцы-кирпичики 67x30x15 мм и образцы-балочки 135x30x15 мм. Для контрольных испытаний изготавливались образцы-кирпичи стандартных размеров с пустотностью до 50 %. Обжиг производился в лабораторных печах в окислительной атмосфере, по заранее установленному режиму в течение 36 часов при температурах 900-1100 °С.

Теоретические расчёты показали, что максимальное содержание угольных шламов обогатительной фабрики «Обуховская» в сырьевых смесях не должно превышать 20–25 %. Формовочные массы на основе опок и угольных шламов являются среднечувствительными к сушке, отличаются небольшой воздушной усадкой – до 5,5 % с числом пластичности 8–10.

На рисунках 1 и 2 приведены результаты влияния содержания угольных шламов в формовочных массах на плотность и прочность образцов. Средняя плотность образцов для лучшего понимания динамики процесса дана без учёта пустот. Эксперименты показали, что близкой к оптимальной для данного сырья с учётом выгорания органической составляющей и свойств изделий является температура обжига около 1000–1050 °С. Как видно из результатов экспериментов, с увеличением содержания угольных шламов в шихте средняя плотность образцов закономерно снижается. Плотность изделий менее 800 кг/м³ достигается при содержании шламов 15–25 % и пустотности 36–40 %. С увеличением содержания шламов снижается и прочность образцов, но они обладают необходимой прочностью, и даже с учётом пустотности возможно получать изделия с марками по прочности М75-125, что достаточно для несущих и ограждающих конструкций. Микропористость опок и принятый режим обжига обеспечивают полное выгорание углерода и хороший внешний вид изделий.

Существенное влияние на прочностные свойства оказывает температура обжига. Установлено, что температуры обжига 900-950 °С недостаточны для получения необходимой прочности с учётом производства пустотелых изделий. Для данных сырьевых материалов

оптимальным интервалом обжига можно считать температуру 1000–1050 °С. При температурах выше 1070–1080 °С наблюдаются признаки пережога и прочность изделий уменьшается.

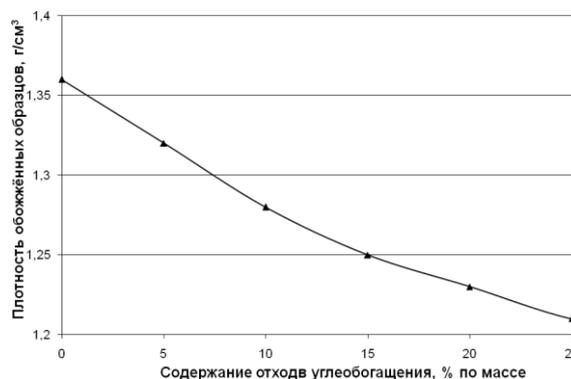


Рис. 1. Влияние содержания отходов углеобогащения на среднюю плотность образцов обожжённых при температуре 1000 °С

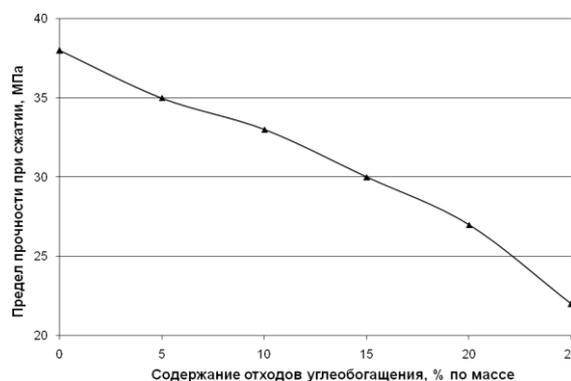


Рис. 2. Влияние содержания отходов углеобогащения на предел прочности при сжатии образцов обожжённых при температуре 1000 °С

Реализация мероприятий по производству стеновой керамики на основе опок и флотационных отходов углеобогащения позволит получать изделия высокой эффективности с минимальными затратами. В настоящее время в Ростовской области проводится предпроектная подготовка строительства завода по производству крупноразмерных пористо-пустотелых керамических камней на основе указанных сырьевых материалов.

Список литературы

1. Котляр В.Д. Классификация кремнистых опоквидных пород как сырья для производства стеновой керамики. – Строительные материалы. – 2009. – № 3. – С. 36-39.
2. Котляр В.Д. Особенности глинистых опок как сырья для стеновой керамики / В.Д. Котляр, Д.И. Братский // Вестник МГСУ. – 2009. – № 4. – С. 142-147.
3. Лундина М.Г. Использование отходов угольной промышленности в качестве сырья для производства керамических стеновых изделий // Обзор инф., ВНИИНТИ и ЭПСМ, М.: 1976. – 43 с.

СОСТАВ И СТРУКТУРА ЖАРОПРОЧНОГО СПЛАВА PWA 1480

Федосеев С.Н.

Научный руководитель: Лычагин Д.В., д.ф.–м.н., профессор
Юргинский технологический институт Томского политехнического университета,
652050, г. Юрга, ул. Ленинградская, д.26
E-mail: fedoseevsn@list.ru

Жаропрочные никелевые сплавы (ЖНС), предназначенные для производства перспективных лопаток авиационных газотурбинных двигателей (ГТД), по своему химическому составу являются наиболее сложными из всех существующих сплавов конструкционного назначения. Они содержат до 10 основных легирующих элементов, не считая многих полезных микродобавок редкоземельных металлов, и имеют гетерофазную структуру, представляющую собой высокодисперсные частицы γ' -фазы (на основе интерметаллического соединения Ni_3Al – упорядоченная ГЦК структура типа $L1_2$), равномерно рассеянные в матрице из твердого γ -раствора легирующих элементов в никеле (неупорядоченная ГЦК структура).

Современные достижения в области фундаментальных и прикладных исследований никелевых гетерофазных γ/γ' -сплавов обеспечили создание литейных ЖНС монокристаллического строения. К основным исследованиям этого рода относятся: установление аналитических корреляций между структурно-фазовыми параметрами, физико-химическими свойствами, а также высокотемпературными длительными механическими характеристиками сплавов, экспериментальная оценка локального элементного состава, изучение распределения элементов между фазовыми составляющими, параметров кристаллических решеток фаз и их размерного несоответствия, уточнение особенностей фазовых превращений, фазового состава и микроструктуры [1].

С переходом на технологию литья турбинных лопаток методом направленной кристаллизации были созданы специальные монокристаллические ЖНС, типичный химический состав которых приведен в табл. 1. Из этой таблицы следует, что все сплавы имеют практически одинаковую систему легирования γ -стабилизирующими и γ' -образующими элементами.

В соответствии с международной классификацией в настоящее время разработаны пять поколений ЖНС для литья монокристаллических лопаток авиационных двигателей [2]. ЖНС первого поколения содержат традиционные легирующие элементы, такие как Al, Ti, Cr, Mo, W, Ta, Nb, Hf. В состав ЖНС второго и третьего поколений вводят легирующий элемент Re в количестве 2–4% и 5–6% соответственно. К четвертому и пятому поколениям относятся ренийсодержащие ЖНС, дополнительно легированные Ru. Было

установлено, что рений и рутений преимущественно распределяются в γ -фазе, при этом Ru в высокорениевых ЖНС стабилизирует фазовый состав и снижает вероятность выделения топологически плотно упакованных (ТПУ) фаз.

Таблица 1. Хим. состав монокристаллических ЖНС

Сплав	Содержание элемента, % (масс.)					
	Cr	Mo	W	Re	Ta	Ru
Первое поколение						
ЖС40	6,1	4,0	6,9	–	7,0	–
PWA-1480	10,0	–	4,0	–	12,0	–
CMSX-3	8,0	0,6	8,0	–	6,0	–
Второе поколение						
ЖС36	4,0	1,6	11,7	2,0	–	–
CMSX-4	6,5	0,6	6,0	3,0	6,5	–
Rene N5	7,0	2,0	5,0	3,0	7,0	–
PWA-1484	5,0	2,0	6,0	3,0	8,7	–
Третье поколение						
Rene N6	4,2	1,4	6,0	5,4	7,2	–
CMSX-10	2,0	0,4	5,0	6,0	8,0	–
ЖС47	2,5	2,0	1,3	9,3	8,8	–
Четвертое поколение						
MC-NG	4,0	1,0	5,0	4,0	5,0	4,0
TMS-138	3,2	2,8	5,9	5,0	5,6	2,0
TMS-138A	3,2	2,8	5,6	5,8	5,6	3,6
Пятое поколение						
TMS-162	2,9	3,9	5,8	4,9	5,6	6,0
TMS-196	4,6	2,4	5,0	6,4	5,6	5,0

Современные суперсплавы представляют собой двухфазную смесь γ' и γ -фаз. Размерным эффектам в структуре современных суперсплавов уделяют недостаточно внимания. Однако проблема упрочнения суперсплавов при различных температурах тесно связана с размерными эффектами. В данной работе рассмотрены варианты структуры сплава PWA 1480 в исходном состоянии и после его обработки.

Материалом исследования является сложнолегированный сплав PWA 1480. В состав этого сплава кроме никеля в качестве основных легирующих компонент входят: 5%Al, 1,5%Ti, 12%Ta, 10%Cr, 5%Co, 4%W. Исследование структуры проводилось в двух состояниях: 1) исходное состояние – после направленной кристаллизации (НК) и длительной гомогенизации в виде серии отжигов; и 2) после специальной обработки сплава.

Основным методом исследования являлась просвечивающая дифракционная электронная микроскопия на тонких фольгах. Изучение проводилось на образцах, вырезанных перпендикулярно оси роста кристалла.

Проведенные исследования показали, что основной фазой исследуемого сплава во всех состояниях является γ' -фаза – ГЦК упорядоченный раствор на основе Ni со сверхструктурой L1₂. Количество её находится в разных образцах от 0,58 до 0,82 от общего объема материала и в среднем составляет 70%. Морфологически γ' -фаза представляет собой квазикубоиды, часто с довольно четкой огранкой (рис.1).

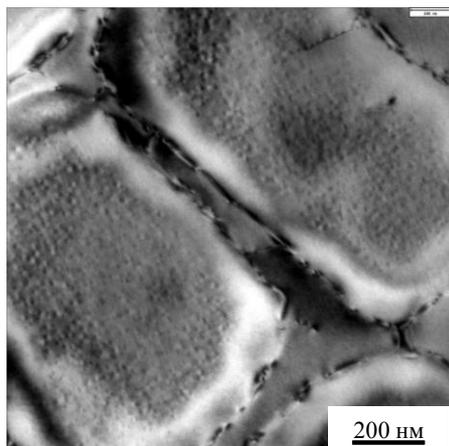


Рис.1. Электронно-микроскопическое изображение квазикубоидной структуры исходного сплава

Квазикубоиды γ' -фазы окружены тонкими прослойками γ -фазы, представляющий собой ГЦК неупорядоченный твердый раствор.

В представленном сечении, в основном, квазикубоиды имеют прямоугольную форму. Отношение их длины к ширине находится в пределах 1,5...2,0. Квазикубоиды квадратной формы встречаются не часто. Средний их размер 1 мкм на 2 мкм. Структура квазикубоидов неоднородна. В центре кубоидов присутствуют мелкие частицы размером около 10 нм. Расстояние между частицами находится в пределах 60...120 нм. От границ кубоидов наблюдается направленный рост дисперсных частиц γ' -фазы. Ширина таких прослоек 200 нм и соответствует ширине прослоек γ -фазы, располагающейся между кубоидами. Внутри прослоек располагаются частицы карбидов диаметром 80...150 нм. Вдоль границ фаз располагаются дислокации, образующие цепочку, часто из сверхдислокаций. Иногда наблюдаются дислокации в прослойках γ -фазы и в квазикубоидах.

Путем варьирования режима термической обработки можно обеспечить широкий диапазон дисперсности и совершенства γ – γ' -микроструктуры, формирующейся в ЖНС.

Исследование их влияния на структурные превращения в ЖНС позволят отработать режимы модификации структуры и использовать новые способы нетрадиционного воздействия.

Об этом свидетельствует размытие дендритной структуры (рис. 2) и практическое исчезновение дислокаций по границе фаз. Контраст границы представляет собой двойную линию шириной 10...20 нм.

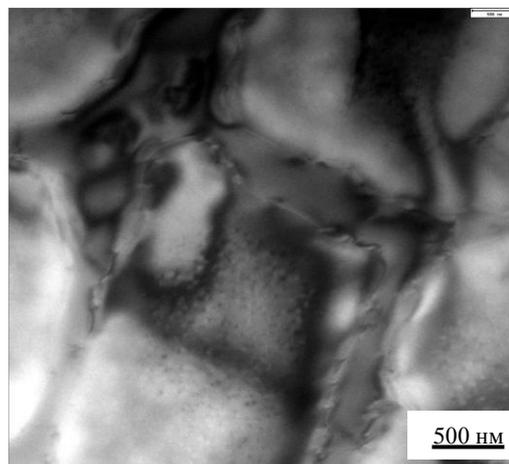


Рис.2. Электронно-микроскопическое изображение сплава PWA 1480 после обработки

Автор выражает благодарность доктору Герштейну Г. (Институт Материаловедения Ганновского университета им. Лейбница, г. Ганновер, Германия) за предоставленные экспериментальные результаты и их обсуждение.

Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» госконтракт № 11.519.11.6025 от 28.10.2011.

Список литературы

1. Светлов И.Л., Олдаковский И.В., Петрушин Н.В., Игнатова И.А. Концентрационная зависимость периодов решеток γ - и γ' -фаз никелевых жаропрочных сплавов // *Металлы*. – 1996. – № 6. – С. 150–157.
2. Самойлов А.И., Кириллов К.В., Игнатова И.А., Додонова Л.П. Повышение надежности метода Фурье при определении размерного несоответствия γ - и γ' -фаз в жаропрочных сплавах // *Заводская лаборатория*. – 1990. – № 6. – С. 69–72.
3. Rojer A., Bastie P. Misfit and lattice parameter of single crystal AM1 superalloy: effect of temperature, precipitate morphology and γ - γ' interfacial stresses // *Superalloys*. The Minerals, Metals and Materials Society, 1996. – P. 221–227.
4. Miller M.K., Jayaram R., Lin L.S., Cetel A.D. APFIM characterization of single-crystal PWA 1480 nickel-base super alloy // *Applied Surface Science*. – 1994. – P. 172.

СПЕКАНИЕ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ФТОРИДОВ КАЛЬЦИЯ - МАГНИЯ

Хабибулин Ш.А.

Научный руководитель: Погребенков В.М., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: habibulin1990@mail.ru

В настоящее время фтористый кальций находит широкое применение в различных областях техники в качестве активного плавня [1]. Работы 50-х годов XX века положили начало применению его в качестве конструкционного материала при проведении ряда высокотемпературных химико-металлургических процессов во фторсодержащих средах [2].

На спекание фторида кальция заметное влияние оказывают такие факторы, как степень его дисперсности и наличие примесей или специально введенных компонентов, играющих роль спекающих добавок. Как показано в работе [3], при одинаковой степени дисперсности технический CaF_2 , содержащий 2,6 мас. % SiO_2 и 1,4 мас. % CaCO_3 , спекается значительно лучше чистого CaF_2 , достигая при 1000 °С относительной плотности 96 % против 88 % в случае чистого CaF_2 .

Соединения кремния легко разрушаются во фторсодержащих средах [4], поэтому проблема нахождения химически стойких спекающих добавок является весьма актуальной. Одной из перспективных спекающих добавок, стойких к действию фторсодержащих агентов, является фторид магния, который также характеризуется близким к CaF_2 значением коэффициента линейного термического расширения, а также малой токсичностью и невысокой ценой.

Целью данной работы являлось изучение процессов спекания композиций на основе фторидов кальция и магния.

Исследовали характер спекания чистого CaF_2 , полученного по методике [5] и его смесей с реактивным MgF_2 марки «ч» в зависимости от температуры обжига и содержания фторида магния. Образцы получали из пресс-порошков, содержащих 5 мас. % временной связки в виде 5 % водного раствора поливинилового спирта, прессованием под давлением 50 МПа. Образцы обжигали в корундовых капсулах с подсыпкой из MgO , инертной по отношению к действию CaF_2 . Полученные результаты обобщены в таблице 1. На рисунке 1 в графической форме представлена зависимость водопоглощения образцов от содержания MgF_2 при различных температурах обжига.

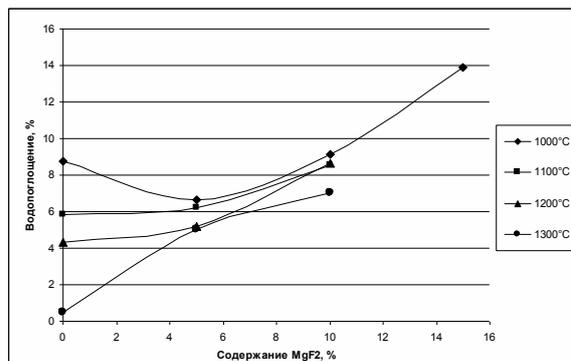


Рис. 1. Зависимость водопоглощения образцов от содержания MgF_2

Таблица 1. Характеристики спеченных образцов на основе композиций фторидов кальция и магния

Температура обжига, °С	Содержание MgF_2 , %	Водопоглощение, В, %	Кажущаяся плотность, ρ , г/см ³	Относительная плотность, %	Истинная пористость, Π_n , %
1000	0	8,7592	2,3855	75,0178	24,9821
	5	6,6584	2,5019	78,7400	21,2599
	10	9,1607	2,3481	73,9587	26,0411
	15	13,8776	2,1378	67,3887	32,6112
1100	0	5,8357	2,5632	80,6058	19,3941
	5	6,2282	2,5385	79,8918	20,1081
	10	8,5509	2,2250	74,5725	29,9181
1200	0	4,3463	2,6856	84,4549	15,5451
	5	5,1790	2,6142	82,2753	17,7246
	10	8,6252	2,3848	75,1158	24,8842
1300	0	0,4750	2,8657	90,1164	9,8836
	5	5,0379	2,6168	82,3535	17,6465
	10	7,0288	2,4497	77,1568	22,8432

Малыя канцэнтрацыі фторіда магнаія улучшаюць спекане пры нізкіх тэмпературах абжыга. Далейшае з'мяжэнне змянення фторіда магнаія адмоўна адбіраецца на ўласцівасцях атрыманай керамікі. Наяўнасць у сістэме $\text{CaF}_2\text{-MgF}_2$ эвтектического мінімуму пры $980\text{ }^\circ\text{C}$, адпаведнага $55,6\text{ мас. \% CaF}_2$ [6], дазваляе прадполагаць, што змяжэнне вадопоглыннення звязана з вытэканнем эвтектического расплава ў працэсе абжыга абразцоў. У палзу гэтага гавораць як нізкія значэнні вязкасці расплаваў фторіднаў, складаючыя велічыню парадка $0,02\text{ Па}\cdot\text{с}$ [7], так і абразуючыяся на ніжняй паверхні абразцоў шчыльныя «коржы» з сцэпленых частац аксіда магнаія, іспользаванага ў якасці інертнай падсыпкі пад абразцы (рысунак 2 а).

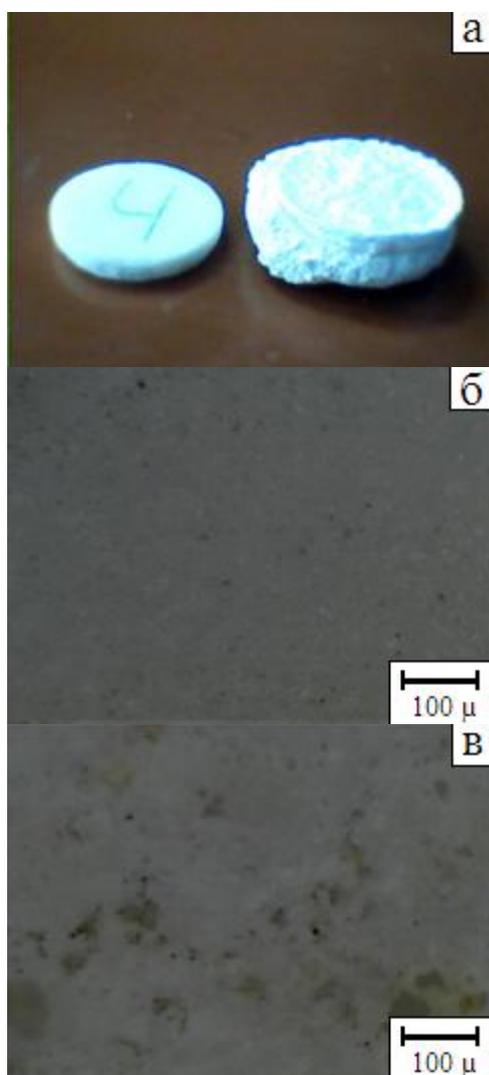


Рис.2. «Корж» з частац падсыпкі пад спеченым абразцам (а), паверхнасць спеченых пры $1000\text{ }^\circ\text{C}$ абразца з чыстага CaF_2 (б) і змяшчаючага 15 мас. \% MgF_2 (в), змяжэнне $800\times$.

Характэрна, што пад абразцамі з чыстага фторіда кальцыя «коржы» не абразуюцца. Начынаючы з 15 мас. \% MgF_2 адбываецца дэфармацыя абразцоў, таму дыяпазон ісправаных складаў быў абмежаваны 10 мас. \% апошняга. На мікратэмаграфіях паверхні спечаных абразцоў добра заметныя поры, колькасць і памер якіх змяжэнняецца з ростам змянення MgF_2 (рысунак 2 б, в).

На аснове атрыманых вынікаў можна заключыць, што прымяненне фторіда магнаія ў якасці спекаючай даваккі магчыма пры тэмпературы абжыга да $1100\text{ }^\circ\text{C}$ ў колькасці да 5 мас. \% .

Спісок літэратуры

1. Дакуорт У.Э., Хойл Д. Электршлакавы переплав.- М.: Металлургия, 1973.-192 с.
2. Пат. US2855271 США, МПК C01G43/06. Separation of uranium hexafluoride from organic fluoro compounds = Отделение гексафторіда урана ад арганічных фторіднаў/ LIBBY WILLARD F; опубл. 1958-10-07.
3. Гузман І.Я., Комиссарова Н.М. Спекане і некаторыя ўласцівасці керамікі з CaF_2 // «Огнеупоры».-1964.-№4-С.182-185.
4. Андреев В.А. Фтораммонійная тэхналогія атрымання муліта з топазавага канцэнтрата [Тэкст]: дыс. ...канд. тэх. наук: 05.17.08, 05.17.11: захищена 13.10.07/ Андреев Владимир Александрович, Томск, 2007.-143 с.
5. Карякин Ю.В., Ангелов І.І. Чыстыя хімічныя рэчывы.-М.: Хімія, 1974.-408 с.
6. Воскресенская Н.К. Справочник по плавкости солевых систем.-М.-Л.: АН СССР, 1961.-Т.1.-845 с.
7. Лепінскіх Б.М., Манаков А.І. Фізическая хімія аксідных і аксіфторідных расплаваў.- М.: Наука, 1977.-190 с.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ИСПАРИТЕЛЯ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК КОБАЛЬТА, НАНЕСЕННЫХ МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ (МОСVD)

^{1,2}Хайруллин Р.Р., ³Доровских С. И.

Научный руководитель: Панин А. В., д.ф.-м.н.

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

²ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634021, Россия, Томск

³ФГБУН Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, 630090, Россия, Новосибирск
E-mail: hairullin@list.ru

МОСVD является перспективным способом создания магнитомягких тонких пленок, которые могут успешно применяться для получения высокочувствительных магнитных датчиков [1]. Процесс получения пленок с заданными свойствами весьма сложный. Существует множество параметров МОСVD-осаждения, оказывающих влияние на свойства получаемых пленок: химический состав и температура испарителя, температура подложки, давление в камере, время осаждения и другие. Варьирование данных параметров позволяет эффективно управлять электрическими, магнитными свойствами, а также структурой и толщиной тонких пленок. В данной работе исследуется влияние температуры испарителя на структуру и магнитные свойства пленок кобальта.

Пленки Co наносили методом МОСVD на подложки Si (100), температура которых составляла 330°C. В качестве прекурсора использовался дииминат кобальта $Co(N'acN'ac)_2$. Длительность осаждения всех исследованных образцов составляла 2 часа, в качестве газ-носителя применялся Ag (скорость подачи 1л/ч), а в качестве газа-реактанта - H_2 (скорость подачи 4л/ч). Температура испарителя варьировалась в пределах от 120 до 135°C с интервалом в 5°C.

Исследования, проведенные с помощью атомно-силового микроскопа Solver HV, показали, что пленка Co, нанесенная при температуре испарителя 120°C, характеризуется мелкозернистым рельефом со средним размером зерна 54 нм (Рис. 1, а). Толщина данной пленки равна 100 нм (Таблица 1).

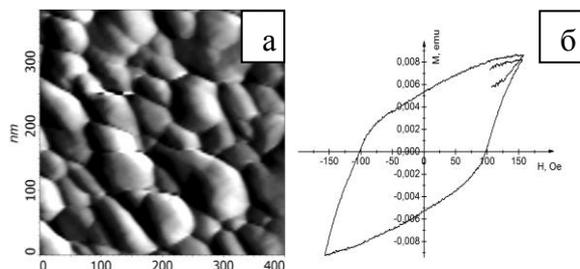


Рис. 1. Морфология поверхности (а) и петля гистерезиса (б) пленок Co, нанесенных на подложку Si при температуре испарителя 120°C

Магнитные характеристики пленок измеряли с помощью вибромагнитометра VM-23K при комнатной температуре. На рис.1, б представлена петля гистерезиса, измеренная в направлении оси легкого намагничивания. Видно, что пленки Co, нанесенные при температуре испарителя 120°C, характеризуются коэрцитивная силой 100 Oe, остаточной намагниченностью – 0,005 emu и намагниченностью насыщения – 0,009 emu (Таблица 1).

При увеличении температуры испарителя до 125°C структура пленки Co не претерпевает существенных изменений. Поверхность пленки имеет зерненную структуру со средним размером зерна 58 нм (Рис. 2, а). Толщина данной пленки не увеличивается и составляет 105 нм (Таблица 1).

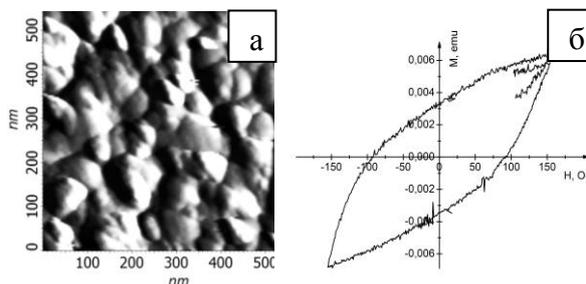


Рис. 2. Морфология поверхности (а) и петля гистерезиса (б) пленок Co, нанесенных на подложку Si при температуре испарителя 125°C

Магнитные характеристики пленки Co, нанесенной при температуре испарителя 125°C, также существенно не изменились по сравнению с пленкой, нанесенной при температуре 120°C: коэрцитивная сила составляет 95 Oe, остаточная намагниченность – 0,003 emu, намагниченность насыщения – 0,006 emu (Рис.2, б).

Повышение температуры испарителя до 130°C приводит к заметному росту среднего размера зерна пленки Co (до 103 нм) и ее толщины (124 нм). Необходимо отметить, что зерна имеют вицинальную поверхность (Рис. 3, а). Наряду с этим, петля гистерезиса приобретает прямоугольную форму (Рис. 3, б). При этом наблюдается существенное увеличение остаточной намагниченности и намагниченности насыщения (Таблица 1).

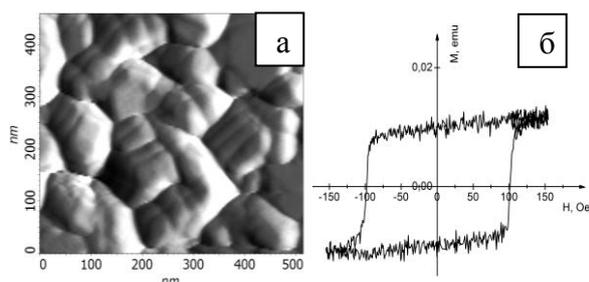


Рис. 3. Морфология поверхности (а) и петля гистерезиса (б) пленок Со, нанесенных на подложку Si при температуре испарителя 130°C

При дальнейшем увеличении температуры испарителя до 135°C средний размер зерна пленок Со достигает 330 нм (Рис. 4, а), а их толщина возрастает до 165 нм. Причем, ступени на поверхности зерна становятся более ярко выраженными. Величины остаточной намагниченности и намагниченности насыщения также значительно возрастают. Кроме того, пленки Со характеризуется минимальной коэрцитивной силой (Таблица 1).

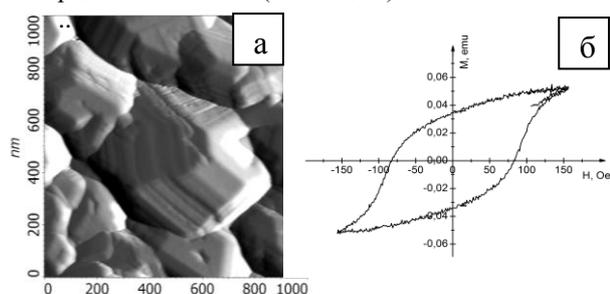


Рис. 4. Морфология поверхности (а) и петля гистерезиса (б) пленок Со, нанесенных на подложку Si при температуре испарителя 135°C

Таблица 1. Температура испарителя $T_{исп}$, толщина пленок Со, средний размер зерна, коэрцитивная сила (H_c), остаточная намагниченность (M_r), намагниченность насыщения (M)

$T_{исп},$ $^{\circ}C$	Толщина, нм	Размер зерна, нм	$H_c,$ Oe	$M_r,$ emu	$M,$ emu
120	100	54	100	0,005	0,009
125	105	58	95	0,003	0,006
130	124	103	100	0,010	0,011
135	165	330	80	0,033	0,050

Полученные результаты свидетельствуют о том, что температура испарителя оказывает существенное влияние на структуру и толщину пленок Со. Во-первых, рост температуры испарителя способствует увеличению концентрации вещества $Co(N'acN'ac)_2$ в газовой фазе, что приводит к увеличению количества атомов кобальта, осаждаемых на подложку Si в процессе МOCVD-осаждения. Последнее обуславливает рост толщины пленок металлического Со.

Во-вторых, с увеличением температуры испарителя повышается энергия частиц кобальта, осаждаемых на подложку, а, следовательно, возрастает их поверхностная подвижность, обуславливая рост среднего размера зерна.

Изменение структуры и толщины пленок порождает изменение магнитных свойств. Так, с ростом размера зерна уменьшается площадь межзёренных границ. В результате пленки легче перемагничиваются: домены вращаются и ориентируются по направлению внешнего магнитного поля, встречая на своем пути меньше препятствий. Как следствие, снижается коэрцитивная сила исследуемых металлических пленок. В свою очередь, рост толщины пленок обуславливает увеличение остаточной намагниченности и намагниченности насыщения тонких пленок. Чем больше толщина пленки, тем больше ферромагнитного вещества и тем больше магнитный момент.

Таким образом, варьирование температуры испарителя в процессе МOCVD-осаждения позволяет в широких пределах изменять структуру, толщину и магнитные свойства пленок Со.

Список литературы

1. Сыркин В. Г. CVD-метод: химическое парофазное осаждение. М.: Наука, 2000.-496 с.

СТЕНД ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО НАСЫЩЕНИЯ ВОДОРОДОМ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Харченко С.Ю., Николаева А.Н., Кудияров В.Н.

Научный руководитель: Пушилина Н.С., к.ф.-м.н

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: sergey_23.m.j@mail.ru

Водород оказывает существенное влияние на свойства конструкционных материалов. Поглощение водорода металлами и сплавами может явиться причиной их охрупчивания и последующего разрушения. Степень охрупчивания материала в результате наводороживания зависит от количества поглощенного водорода и формы его присутствия в структуре сплава. Наибольший охрупчивающий эффект оказывает присутствие водорода в виде гидридов[1].

Для исследования влияния водорода на физико-механические свойства материалов используется одним из простых в реализации, но в то же время эффективный метод насыщения водородом – электролиз. При электролизе на образцах выделяются ионы водорода, действие которых аналогично действию водорода, диссоциированного при высокой температуре и ионизированного на поверхности металла [2].

При электролитическом наводороживании концентрация ионов водорода, выделяющихся на катоде, зависит от химического состава электролита, его концентрации и температуры, плотности тока. Геометрические формы насыщаемого образца и его расположение по отношению к аноду также влияют на интенсивность насыщения. Горизонтальное расположение поверхности детали над анодом вызывает усиление наводороживания, углы насыщаются сильнее граней. В процессе электролиза водород, проникая, скапливается на поверхности металла. Из-за низкого коэффициента диффузии водорода при комнатной температуре, он не проникает вглубь образца. Как следствие, водород образует гидридные фазы с большинством металлов в приповерхностном слое [3]. Для повышения эффективности наводороживания электролиз проводится при температуре выше комнатной. При проведении таких экспериментов необходимо использовать специальные конструкции электролитических ячеек. В этой связи, целью данной работы являлась разработка и создания стенда для электролитического насыщения конструкционных материалов при повышенных температурах, а также исследование зависимости толщины гидридного слоя от температуры электролита.

В соответствии с вышесказанным, была разработана специальный стенд, позволяющий контролировать такие параметры, как верное

расположение образца в электролитической ячейке, объем и температура электролита.

Устройство для электрохимического насыщения образцов водородом представлено на рисунке 1.



Рис.1. Стенд для электролитического насыщения образцов водородом

Стенд состоит из источника тока GPS-1830D (1); клемм (2), которые обеспечивают присоединение внешних проводов от источника тока; электролит (3), в экспериментах используется 1 М H_2SO_4 проводящий электрический ток вследствие диссоциации на ионы; вода (4); катод (5), которым является насыщаемый водородом образец; два электролитических стакана (6), которые плотно накрываются специальной крышкой, к которой прикреплён держателем насыщаемый образец, обеспечивающий его неподвижность в электролитической среде; анод (7), изготовленный из платины. Электролитические стаканы расположены на специальном подогревателе (8), необходимом для поддержания постоянной температуры электролита.

Для исследования зависимости накопления водорода от температуры при электролитическом насыщении водородом были предварительно подготовлены образцы титанового сплава ВТ1-0 размерами: $20 \times 20 \times 1$ мм. Поверхность образцов механически шлифовалась и полировалась. Далее для снятия поверхностных напряжений и удаления дефектов образцы отжигались в вакууме при температуре $600^\circ C$ в течение 60 минут. Процесс электролитического насыщения осуществлялся в 1М H_2SO_4 , при комнатной температуре и температуре электролита $70^\circ C$, силе тока 0,73 А и в течение 30 минут.

Содержание водорода в образцах до и после насыщения измерялось на газоанализаторе водорода RHEN602 фирмы LECO. Профили распределения водорода получены на спектрометре плазмы тлеющего заряда [4] GD-Profilер 2 фирмы Horiba.

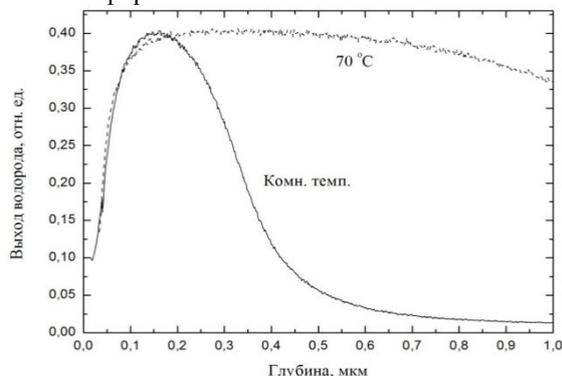


Рис. 2. Профили распределения водорода по глубине образцов

На рисунке 2 представлены профили распределения водорода по глубине титанового сплава VT1-0. После электролитического насыщения на поверхности образцов образуется слой с высоким содержанием водорода [5]. Максимум интенсивности выхода водорода у образцов, как насыщенных при комнатной температуре, так и насыщенных при температуре 70 °C совпадает, что объясняется наличием слоя с гидридом одного стехиометрического состава [6]. Особенностью образцов, насыщенных при температуре 70 °C является то, что толщина гидридного слоя в несколько раз больше, чем у образцов, насыщенных при комнатной температуре. Такой вывод можно сделать из анализа профиля распределения водорода в титановом сплаве (рисунок 2). Так, в образцах насыщенных при комнатной температуре, интенсивность выхода водорода значительно начинает снижаться на глубине 0,3 мкм, в то время как, интенсивность выхода водорода в образце насыщенном при температуре 70 °C не спадает и на глубине 1 мкм. Увеличение глубины проникновения водорода приводит к увеличению абсолютного содержания водорода в образцах (рисунок 3).

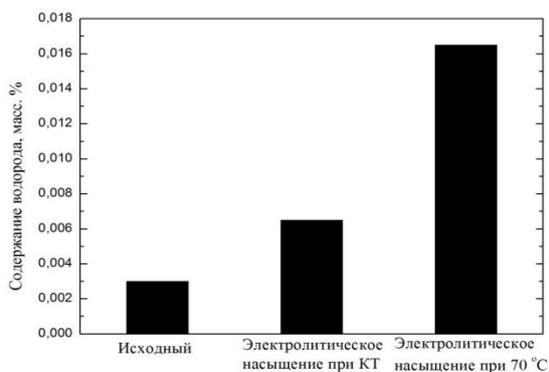


Рис. 3. Абсолютное содержание водорода в образцах

На рисунке 4 представлены микрофотографии образцов после насыщения водородом при комнатной температуре и 70 °C. Образование гидрида приводит к растрескиванию поверхности, так как выделение гидрида вызывает увеличение объема до 15 – 21 % [6].

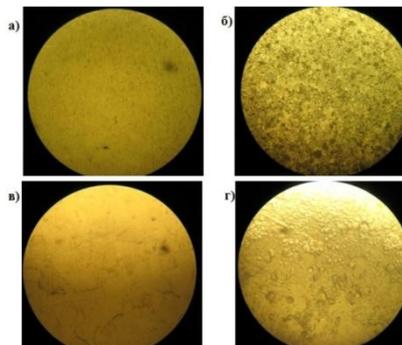


Рис. 4. Микрофотографии поверхности образцов после насыщения водородом: а) при комнатной температуре (увеличение 400), б) при 70 °C (увеличение 400), в) при комнатной температуре (увеличение 800), г) при 70 °C (увеличение 800).

В результате проделанной работы был разработан и создан стенд для электролитического насыщения водородом при повышенной температуре, исследовано влияние увеличения температуры электролита на поглощение водорода сплавом VT1-0. Как показали исследования, электролитическое насыщение позволяет сформировать на поверхности образцов гидридный слой. Повышение температуры электролита позволяет существенно увеличить толщину гидридного слоя в титановом сплаве. Образование гидрида приводит к растрескиванию поверхности.

Список литературы:

1. Yan L., Ramamurthy S., Noel J. J. et al. Hydrogen absorption into alpha titanium in acidic solutions // *Electrochimica Acta*. 2006. No. 52. P. 1169-1181.
2. Фиошин М.Я., Павлов В. Н., Электролиз в неорганической химии, – М.: Мир, 1976.-101 с.
3. Lunarska Ellina, Chernyayeva O., Lisovytskiy D., Zachariasz R. Softening of α -Ti by electrochemically introduced hydrogen // *Materials Science and Engineering*. 2010. P. 181-189.
4. Григорович К.В., Яйцева Е.В. Спектрометры тлеющего разряда. Институт Металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН
5. Гельд П. В., Рябов Р. А., Кодес Е. С. Водород и несовершенство структуры металла. – М.: Металлургия, 1979.-221 с.
6. Xu J. J., Cheung H. Y., Shi S. Q. Mechanical properties of titanium hydride // *Journal of Alloys and Compounds*. 2007. No. 436. P. 82-85.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА НА СТРУКТУРУ СПЕЧЕННОГО МАТЕРИАЛА СИСТЕМЫ Fe-Ti

Хисамутдинов Р.Ш.

Научный Руководитель: Мячин Ю.В., ассистент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: Ren_tom@list.ru

Введение

Путем порошковой металлургии, смешивая несколько компонентов, возможно получить совершенно новые материалы. Важную роль в производстве материала играют условия изготовления.

В ранее проведенных исследованиях были установлены следующие условия производства, обеспечивающие наилучшие свойства спеченного материала:

- 1) Состав для системы Fe:Ti = 95:5% [1];
- 2) Титан лучше добавлять в состав шихты в виде ферротитана [2];
- 3) Температура спекания в интервале 1300°C-1400°C, время выдержки 1-2 часа, давление прессования 500 МПа [3].

При этом в этих исследованиях использовался ферротитан с низким содержанием титана — 30% и температура спекания находилась в зоне твердофазного спекания.

В данной работе ставится цель исследовать влияние гранулометрического состава на структуру спеченного материала системы Fe-Ti с ферротитаном с повышенным содержанием титана, 70%, что, согласно диаграмме железо-титан, практически соответствует эвтектике. При этом массовая доля титана в железе также составит 5%, что уменьшит распределение ферротитана по объему железного порошка и увеличит его концентрацию.

Планируется провести две работы: с твердофазным и жидкофазным спеканием, данная работа посвящена жидкофазному спеканию.

Главным критерием при выборе температуры жидкофазного спекания является смачиваемость твердой фазы жидкой. Из исследования [4], в котором, при разных температурах, изучали процессы смачивания и образования промежуточных фаз на границах жидкой фазы ферротитана эвтектического состава (68% Ti, 32% Fe) с твердым железом, видно, что с ростом температуры смачиваемость увеличивается.

При температуре 1270°C наблюдается полное смачивание эвтектического ферротитана на порошковой железной подложке, из жидкой фазы интенсивно прорастают хорошо ограниченные кристаллы. При этом на границе раздела расплава-железо формируются фазы, состав которых отвечает интерметаллическим соединениям TiFe и TiFe₂.

Была выбрана температура 1350°C, которая взята из прошлых исследований [3], т.к. она является оптимальной для исследованного

состава, а так же выполняется условие полного смачивания железа ферротитаном. По диаграмме состояния титан-железо (рис. 1) видно, что спекание при температуре 1350°C будет сопровождаться выпадением только одного интерметаллида TiFe₂, т.к. интерметаллид TiFe будет находиться в жидкой фазе.

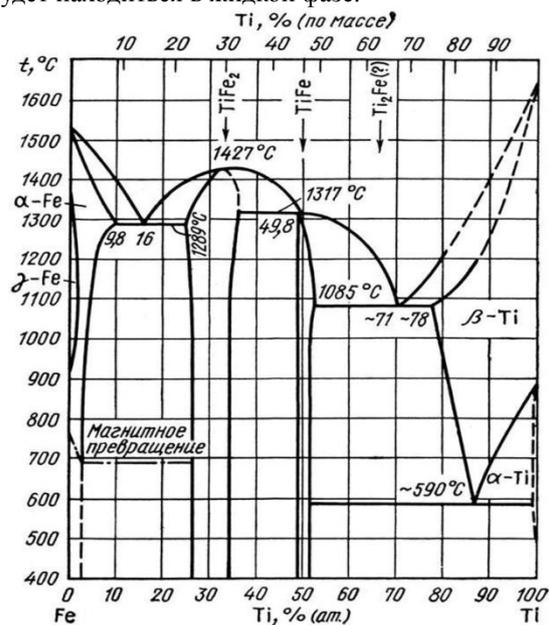


Рисунок 1 – Диаграмма состояния системы железо-титан

Материалы и методики исследований

В работе использовали спеченный материал состава Fe:Ti = 95:5% (масс.). Для приготовления шихты использовали железный порошок ПЖ 4.160.26 ГОСТ 9849-86, размер частиц железа составляет 100-160 мкм. Титан вводился в шихту в виде ферротитана марки FeT70 ГОСТ 4761-91 после размолта и классификации на следующие фракции: 40-80, 80-100, 100-140, 140-250 и 250-500 мкм.

Формование производили методом холодного двухстороннего прессования на разрывной машине Р-20 при давлении 500 МПа. Спекание проводили в вакуумной электрической печи сопротивления. Температура спекания составляла 1350°C, время выдержки 1,5 часа. Подготовку образцов для исследований микроструктуры проводили на шлифовальной установке «Нерис» с использованием шлифовальной бумаги различных номеров и абразива Cries. Структуру материала рассматривали на микроскопном комплексе «ЛабoМет-И Вариант 1», а расчеты пористости и зернистости проводили на программно-аппаратном комплексе SIAMS.

Обсуждение результатов

На рисунке 2 представлена зависимость усадки образцов после спекания от размера частиц ферротитана. Из данного графика мы видим, что с увеличением размера частиц ферротитана происходит уменьшение усадки образцов, при значениях выше 80 мкм усадка приобретает отрицательные значения, т.е. в этих случаях объем образцов после спекания увеличивается. Исходя из этого графика можно сделать вывод, для того чтобы исключить усадку после спекания необходимо чтобы размер частиц ферротитана составлял примерно 80 мкм.

Ранее было обнаружено, что во время спекания при температурах близких к 1100°C происходит резкая смена ожидаемой усадки на рост прессовок [4], такое явление было обнаружено во многих системах с ограниченной растворимостью.

По мере увеличения размера частиц ферротитана снижается их общее распределение по всему объему образцов, а, с образованием интерметаллидов, растекание жидкой фазы быстро тормозится, в результате жидкая фаза в образцах с крупными частицами распределяется локально-неоднородно.

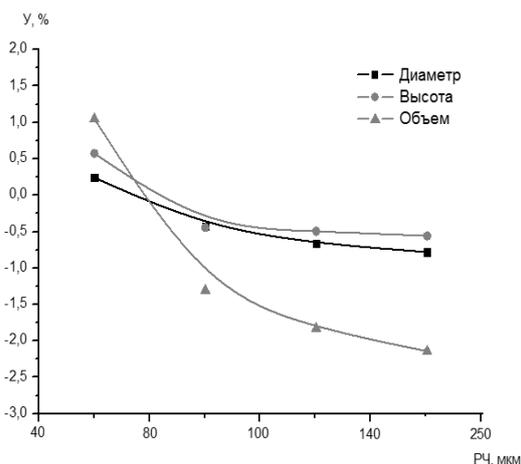


Рисунок 2 - Зависимость усадки образцов после спекания по диаметру, высоте и объему от размера частиц ферротитана.

Следовательно, процессы перегруппировки и растворения-осаждения, которые необходимы для уплотнения образцов [4], протекают в значительно меньшей степени по сравнению с образцами с хорошим распределением ферротитана по объему, а именно с размерами частиц 40-80 и 80-100 мкм. В данных прессовках процессы, связанные с уплотнением происходят в полной мере, поэтому наблюдается уплотнение образцов.

На рисунке 3 представлена зависимость пористости спеченного материала от размера вводимых в шихту частиц ферротитана. График показывает, что с увеличением размеров частиц ферротитана наблюдается незначительный рост пористости. При размере частиц 40-80 мкм она

составляет 20% и при увеличении размера частиц возрастает до 22,5%.

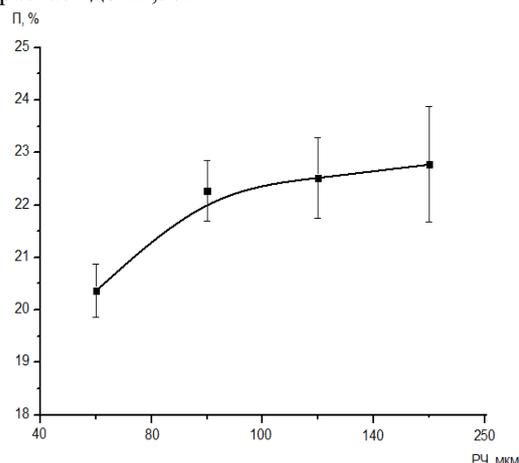


Рисунок 3 - Зависимость пористости образцов от размера частиц ферротитана.

На рисунках 4 и 5 представлены фото образцов с мелким и крупным размерами частиц ферротитана. На образце с мелким размером частиц ферротитана наблюдаются множество мелких пор, их размер колеблется от 40 до 100 мкм. На образце с крупным размером частиц

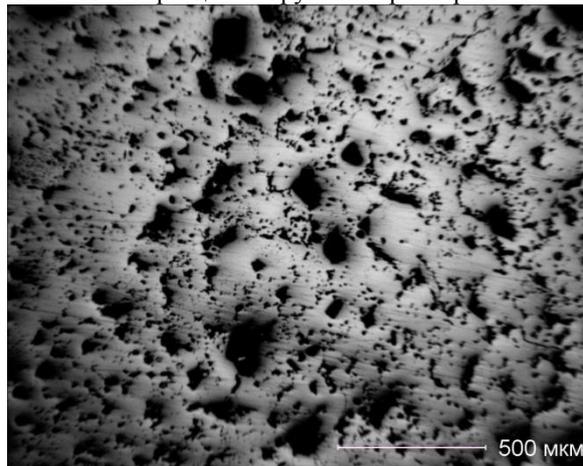


Рисунок 4 - Фотография шлифа спеченного образца с размером частиц FeTi 40-80 мкм.

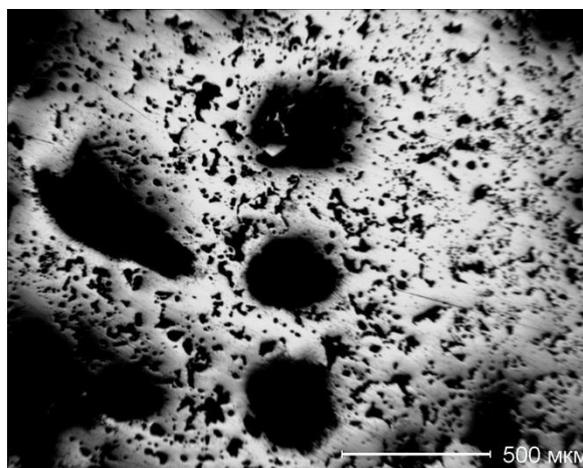


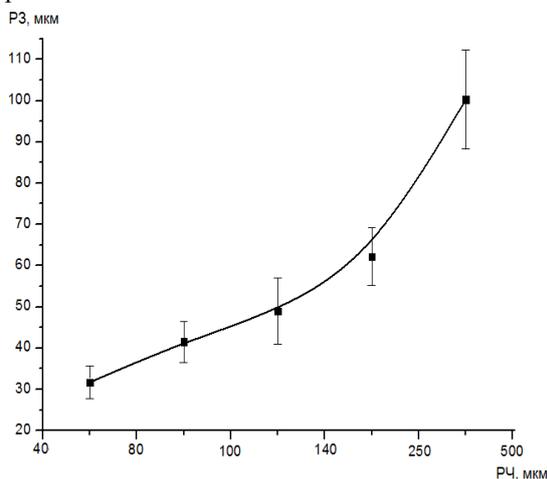
Рисунок 5 - Фотография шлифа спеченного образца с размером частиц FeTi 250-500 мкм.

ферротитана мы бачым змяншэнне колькасці мелкіх пар і з'яўленне крупных, іх памер складае 200-500 мкм. І крупныя і мелкія поры раўнамерна размяшчаны па ўсёму аб'ёму ў абодвух апрабках.

Пры вывучэнні спечаных апрабках, не было выяўлена ні адной частыцы ферротитана, гэта можна тлумачыць поўнай смачываемасцю жалеза ферротитанам пры тэмпературы 1350°C.

Пры размоле ў дробілка, частыцы ферротитана атрымалі формы з острымі краямі. Па гэтым на малюнку 5 можна заўважыць, што, большыя поры, якія ўтварыліся ў выніку расплаўлення ферротитана, маюць углаватыя формы.

На малюнку 6 з'явілася залежнасць сярняга памера зярна ад памера частыц ферротитана. З малюнка відавочна, што з павелічэннем памера частыц ферротитана назіраецца рост зярэн у спечаных апрабках. Для забеспячэння высокіх механічных характэрыстык металу трэба выбіраць мелкі памер частыц ферротитана для атрымання мелкай зярністасці.



Рисунк 6 - Залежнасць сярняга памера зярна спечанага ад памера частыц ферротитана.

Змяненне памераў зярэн, так жа як і ў выпадку з усадкай, звязана з размяшчэннем ферротитана ў апрабках. Працэсы прарастання новых зярэн ў апрабках з малымі частыцамі ферротитана праходзяць па ўсёму аб'ёму. У апрабках з крупнымі частыцамі ферротитана прарастанне зярэн адбываецца лакальна, толькі

вакол большых пар, таму з павелічэннем памераў частыц ферротитана назіраецца рост зярністасці.

Выводы:

1. Сярняя парыстасць апрабках складала 20-22,5%, што дае магчымасць прапітваць будучае выраб маслом з мэтай павышэння антыфрыкцыйных характэрыстык.

2. Усталявана, што пераважным з'яўляецца ўвядзенне ў шыхту мелкіх частыц ферротитана (80 мкм). Апрабкі, спечаныя такім чынам, маюць практычна нульваю ўсадку.

3. Для змяншэння зярністасці матэрыяла таксама трэба арыентавацца на мелкія памеры частыц ферротитана. Пры такім метадзе вытворчасці, па ўсёму аб'ёму будуць пратэкаць працэсы крystalлізацыі інтэрметалідаў TiFe₂.

«Работа выканана ў рамках дзяржаўнага задання «Навука».

Спісок літэратуры

1. Мячын Ю.В. Даследаванне механізма изнашывання на мезомасштабным узроўні паверхнасна-упрачненых кампактных і парыстых матэрыялаў: дыс. магист.: абаронена ў 1999 г. /Мячын Юрый Владимирович; - Томск, 1999. - с. 81-89.

2. Матренин С.В., Слосман А.И., Мячын Ю.В. Электроразряднае спекаванне жалеза-титановага антыфрыкцыйнага сплава. //Известия Томского политехнического университета, 2005. - т.308 - № 4. - с. 74-77.

3. Мячын Ю.В., Панькова М.Ю. Даследаванне ўплыву ўмоў прэсавання і спекавання на структуру спечанага матэрыяла сістэмы Fe-Ti. // Новые материалы. Создание, структура, свойства-2011: Труды XI Всероссийской школы-семинар с международным участием - г. Томск, ТПУ, 14-16 июня 2011 г.: Изд. ТПУ, 2011. - с. 176-179.

4. Кивало Л.И., Григоренко Н.Ф., Скороход В.В. Контактнае ўзаемадзейства паміж жидкой і твёрдой фазами ў дысперснай сістэме титан-жалезо // Пор. мет. 1988.-N9.- с. 25-28.

ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ СДВИГА ОТ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ОРИЕНТАЦИИ МОНОКРИСТАЛЛОВ НИКЕЛЯ

Черняков А.А.

Научный руководитель: Алфёрова Е.А. старший преподаватель
Юргинский технологический институт Томского политехнического университета,
652055, Россия, г. Юрга, ул. Ленинградская 26
E-mail: tema-bosman@rambler.ru

Наиболее часто параметры сдвига измеряются независимо от структурного элемента деформационного рельефа и без учета локальной схемы главных напряжений. Вместе с тем, это весьма значимо при деформации сжатием или прокаткой, когда велика роль контактного трения. Изучение рельефа и его параметров важно для прогнозирования прочностных и пластических свойств материала.

В работе исследовали монокристаллы с ориентацией осей сжатия в углах стандартного стереографического треугольника с разными наборами боковых граней для каждой оси сжатия. В работе использовали образцы с отношением высоты (h) к ширине (d) равной двум.

Деформирование сжатием проводили на испытательной машине Instron ElektroPuls E10000 со скоростью $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ при комнатной температуре.

Картину деформационного рельефа исследовали на оптическом микроскопе Leica DM 2500P и растровом электронном микроскопе Tescan Vega II LMU. Параметры деформационного рельефа определяли на микроинтерферометре NewView 7200. С начала деформации на поверхности монокристаллов формируются следы сдвига (СС). При увеличении степени деформации происходит развитие систем следов сдвига и их организация в структурные элементы (СЭ) деформационного рельефа более высокого масштабного уровня. Тип формирующегося СЭ зависит от кристаллографической ориентации оси сжатия. Для [001]-монокристаллов СС организуются в аккомодационные полосы и пачки следов, для [110]-монокристаллов – в мезополосы, макрополосы и складки формируются на образцах с осью сжатия [111].

Организация сдвига в работе была исследована с помощью интерференционной микроскопии, которая позволяет получить поперечный профиль поверхности и определить характер накопления сдвига в структурных элементах рельефа. Данные о параметрах сдвига, в зависимости от кристаллической ориентации, приведены в табл. 1.

Проанализировав монокристалл с ориентацией [001] и боковой гранью (110) при деформации $e = 3\%$, обнаружили, что в следах сдвига величина

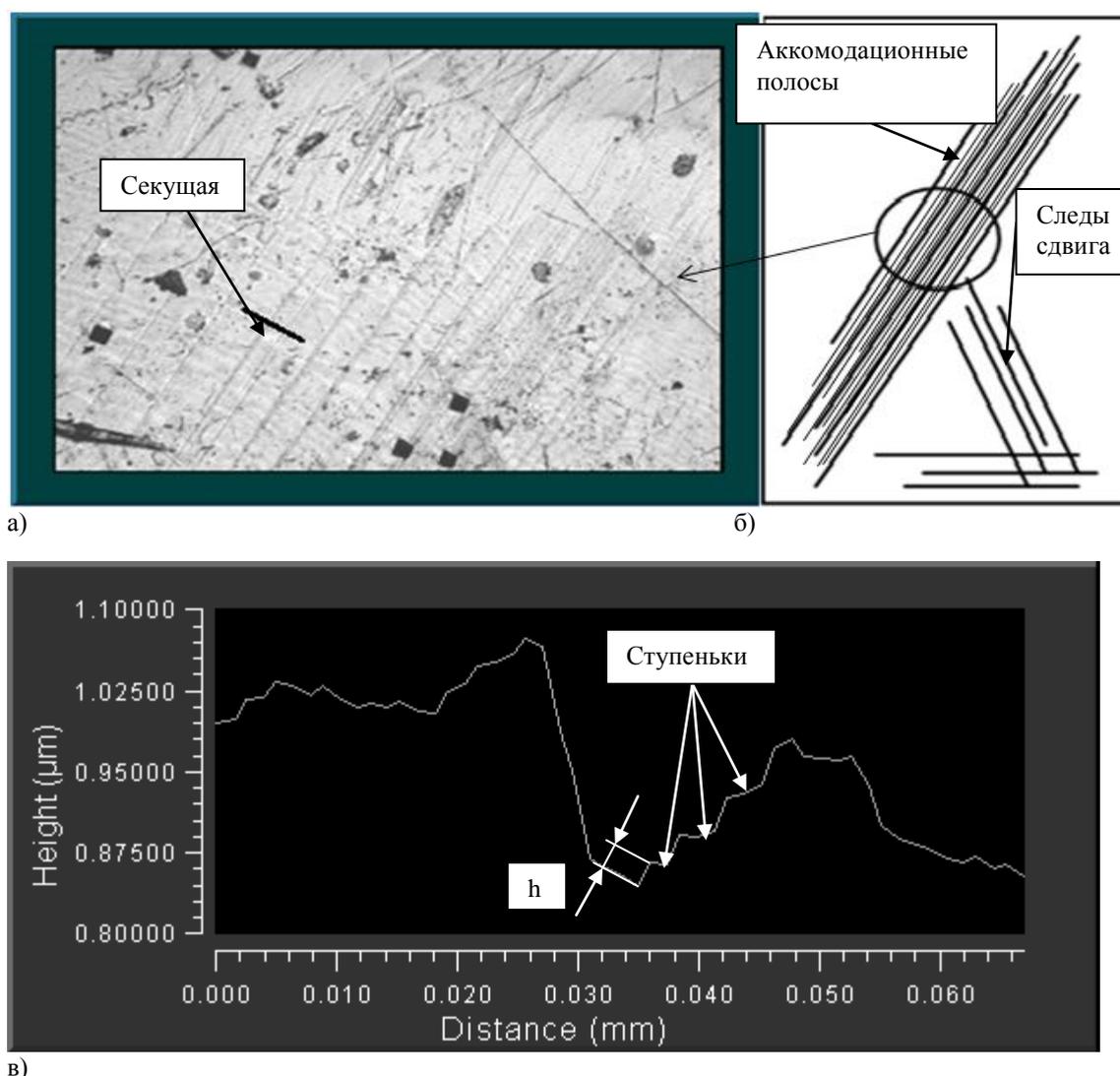
сдвига достигает значений 90...1450 нм. При этом внутри следов разрешаются более мелкие структурные элементы рельефа – ступеньки скольжения, которые имеют величину сдвига 50...190 нм.

Таблица 1. Зависимость параметров сдвига от кристаллографической ориентации

Ориентация и степень деформации	Тип СЭ	Размер, нм
[001] {110}, $e = 3\%$	Следы сдвига	230...1390
	Аккомодационные полосы	90...3500
	Следы внутри аккомодационных полос	50...100
	Вдоль следа сдвига	100...900
[110] (112), $e = 16\%$	Мезополосы	1900...3760
	Следы сдвига внутри мезополос	80...300
[111] (110), $e = 10\%$, $t = 400^\circ\text{C}$	Макрополосы	1700...11200
	Следы сдвига внутри макрополос	100...1300
	Вдоль макрополосы	300...1000

При увеличении степени деформации следы сдвига эволюционируют в аккомодационные полосы (АП). Визуально АП воспринимаются как отдельные СЭ, однако с помощью интерференционной микроскопии видно, что АП состоят из ступенек (рис. 1). Ширина АП составляет 240...280 мкм. Величина сдвига в аккомодационных полосах в области одноосной схемы напряженного состояния составляет 90...3500 нм, при этом величина сдвига в следах, формирующий АП 50...100 нм.

Характерным СЭ рельефа [110]-монокристаллов являются мезополосы. Величина сдвига непосредственно в мезополосах составляет порядка 1200...3500 нм. Внимательное рассмотрение профилей поверхности вдоль секущих показывает, что мезополосы образованы отдельными следами, величина сдвига в них составляет порядка 100...200 нм.



в)
Рис. 1. Участок поверхности грани (а), схема формирования следов сдвига на боковой грани (110) после деформации на $\epsilon=3\%$ вдоль оси [001] (б) поперечный профиль поверхности вдоль секущей (в), (h – высота ступеньки)

Рассмотрев монокристалл с ориентацией оси сжатия [111] при деформации $\epsilon = 10\%$ на боковой грани (110) можно увидеть макрополосы с величиной сдвига в них от 3000 до 6500 нм. При более детальном изучении было обнаружено, что макрополоса состоит из отдельных следов сдвига. Величина сдвига в этих следах составляет от 160 до 740 нм. Изменение величины сдвига вдоль макрополосы происходит в пределах от 300 до 1000 нм и носит осциллирующий характер. В более ранних работах, например, [1] было показано, что распределение компонент деформации вдоль СЭ рельефа также имеет осциллирующий характер.

Таким образом, с помощью интерференционной микроскопии, было показано, что каждый из рассмотренных СЭ состоит из следов сдвига. При развитии деформации следы сдвига организуются в СЭ более высокого масштабного уровня. Тип формирующегося элемента рельефа зависит от

кристаллографической ориентации оси сжатия монокристалла.

Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» госконтракт № 11.519.11.6025 от 28.10.2011.

В заключении авторы выражают признательность профессору, д.ф.-м.н. Лычагину Д.В. за помощь в получении и обработки результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лычагин Д.В., Алферова Е.А., Шаехов Р.В., Лычагин А.Д., Старенченко В.А. Неоднородность деформации в монокристаллах никеля с разной иерархией структурных элементов // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2007. Т. 4. – № 2. – С. 26-35.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ СДВИГА ПРИ ДЕФОРМАЦИИ [110]-МОНОКРИСТАЛЛОВ МЕДИ

Чумаевский А.В.¹, Лычагин А.Д.¹, Алферова Е.А.²

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. Лычагин Д.В.¹

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет
634003, Россия, г. Томск, пл. Соляная 2

²Юргинский технологический институт Томского политехнического университета,
Юрга, ул. Ленинградская, 26, 652000
E-mail: Tch7AV@rambler.ru

Введение

Деформационное поведение ГЦК металлических материалов наиболее полно описано на дислокационном уровне [1]. Однако анализ неоднородности деформации и условий образования субструктур в локальных объемах материала требует рассмотрения развития деформации на мезо- и макроуровне. В этом плане важными являются исследования на монокристаллах, которые кроме того несут информацию о влиянии кристаллографической ориентации на деформацию отдельных зерен поликристалла. Часто наблюдаемой текстурой для ГЦК поликристаллов является ориентация зерен вблизи [110], поэтому исследование монокристаллов с данной ориентацией оси деформации представляет несомненный интерес. Исследования таких монокристаллов и сравнение их поведения при деформации с другими кристаллографическими ориентациями позволит разделить факторы, обуславливающие характер деформационных процессов различно ориентированных зерен в поликристаллическом агрегате при сжатии на мезо- и макромасштабных уровнях.

Материал и методика

В работе исследованы монокристаллы с ориентацией оси сжатия [110] и боковыми гранями $(1\bar{1}2)$ и $(1\bar{1}\bar{1})$, выращенные по методу Бриджмена. Ориентировку монокристаллов контролировали на рентгеновском аппарате ИРИС-3 по эпиграммам с точностью до 2°. Размеры образцов составляют $3,5 \times 3,5 \times 7 \pm 0,1$ мм, отклонение от перпендикулярности граней не более 1°. Деформацию осуществляли на испытательной машине типа Instron при комнатной температуре с применением графитовой смазки. Исследования деформационного рельефа проводили на оптическом микроскопе Leica DM2500P и растровом электронном микроскопе Tescan Vega II LMU.

Результаты и обсуждение

При нагружении вдоль направления [110] равнонагруженными являются две плоскости: $(11\bar{1})$ и (111) по два направления сдвига в каждой ($[0\bar{1}\bar{1}]$; $[\bar{1}0\bar{1}]$ и $[10\bar{1}]$; $[01\bar{1}]$ соответственно), для которых фактор Шмида равен 0,41. Для направления $[1\bar{1}0]$ в каждой из этих плоскостей сдвига фактор Шмида равен нулю. Одной из

особенностей, присущих монокристаллам с ориентацией оси сжатия [110], отмеченной в ранее проведенных работах [2,5,6], является наличие областей, в которых плоскости сдвига имеют выход со всех сторон на боковые грани образца. Для данных объемов кристалла используется термин – область «облегченного» сдвига. Соответственно объемы, в которых плоскости сдвига контактируют с пуансонами испытательной машины, являются областями «стесненного» сдвига. Симметричная ориентация оси деформации расположенная в углу стандартного стереографического треугольника с наличием четырех равнонагруженных систем сдвига приводит к тому, что стадия легкого скольжения на [110]-монокристаллах не наблюдается и пластическая деформация начинается со стадии II. Основные элементы деформационного рельефа, образующиеся на боковых гранях монокристаллов с данной кристаллографической ориентацией, классифицированы в работе [5]. Для монокристаллов данной ориентации выделены следы от сдвига по плоскостям октаэдра $\{111\}$, мезопачки плоскостей сдвига, мезополосы деформации и деформационные складки.

При деформации до 1% на боковых гранях образцов формируются следы от сдвига по плоскостям (111) и $(1\bar{1}\bar{1})$.

На начальном этапе деформации сдвиг наиболее активно проходит по плоскости $(11\bar{1})$. Следы от сдвига по данной плоскости занимают практически всю площадь граней $(1\bar{1}\bar{1})$ и $(1\bar{1}2)$. Длина следов от этой плоскости выше, следы в центральной области пересекают всю грань. В отдельных областях начинают формироваться мезопачки плоскостей сдвига. Зарождение мезопачек происходит от боковых ребер образца, являющихся местами повышенных напряжений.

При анализе расстояний между следами сдвига выявлено, что наиболее интенсивно сдвиг по плоскости $(11\bar{1})$ на данном этапе развивается внутри области «облегченного» сдвига. Среднее расстояние между следами в этой области равно 9,8 мкм на грани a $(1\bar{1}2)$ и 8 мкм на грани b $(1\bar{1}\bar{1})$. Расстояние между следами сдвига в приторцевых областях «стесненного» сдвига равно 14,6 мкм в верхней области и 43,3 мкм в нижней.

Сдвиг по плоскости (111) происходит менее интенсивно. Следы от сдвига при 1% расположены в локальных участках на боковых гранях и имеют меньшую длину и плотность, чем следы от сдвига по плоскости ($1\bar{1}\bar{1}$). Хорошо сформированных мезопачек следов по данной плоскости не наблюдается. В приторцевых областях кристалла присутствуют элементы, которые, как будет показано далее, при последующей деформации эволюционируют в пачки следов. Среднее расстояние между следами в области «облегченного» сдвига меньше, чем в областях «стесненного».

Тот факт, что в монокристаллах данной кристаллографической ориентации сдвиг по одной из плоскостей скольжения преобладает, отмечен в работе [3] при испытании на сжатие монокристаллов алюминия.

При увеличении степени деформации возрастает плотность следов от сдвига по плоскости ($1\bar{1}\bar{1}$). Среднее расстояние между следами по данной плоскости в области «облегченного» сдвига уменьшается до 5,5 мкм, в областях затрудненной деформации до 8,8% и 26,8%, соответственно. На грани ($1\bar{1}2$) мезопачки следов сдвига интенсивно развиваются и занимают ~50% площади. На грани ($1\bar{1}\bar{1}$) мезопачки занимают еще большую площадь ~60%.

При увеличении степени деформации до 10% развивается сдвиг по плоскости ($1\bar{1}\bar{1}$). Наблюдаются четкие мезопачки и мезополосы, расположенные в двух приторцевых участках на грани ($1\bar{1}\bar{1}$), но их количество невелико. Происходит развитие мезопачек сдвига. Системы мезопачек деформации по плоскости ($1\bar{1}\bar{1}$) занимают практически всю площадь боковых граней.

Сдвиг по второй плоскости развивается также интенсивно. Окончательно формируются три макроскопических домена деформации. Один из доменов – центральный, характеризующийся равномерным распределением тонких коротких следов сдвига, в областях между пачками образующих полосы. Два других – приторцевые, характеризующиеся образованием мезопачек сдвига. На данном этапе деформации следы сдвига в центральном домене уже распространяются через пачки в соседние области.

Заключение.

Закономерности зарождения мезопачек следов сдвига для двух плоскостей скольжения различны. По плоскости ($1\bar{1}\bar{1}$) мезопачки развиваются от боковых ребер, а по плоскости (111) от места контакта образца с пуансоном. При этом по плоскости ($1\bar{1}\bar{1}$) сдвиг изначально развивается интенсивно с небольших степеней деформации, занимая практически всю площадь боковых граней. Наиболее интенсивно сдвиг по этой

плоскости развивается в области облегченного сдвига. В этой области мезопачки формируются от мест повышенной концентрации напряжений, которыми являются боковые ребра образца. Развитие этой системы сдвига препятствует сдвигу по второй плоскости скольжения. Преобладание одной плоскости сдвига в деформации симметрично ориентированных монокристаллов можно отметить во многих работах [2,3]. По причине более позднего развития скольжения по плоскости (111) следы от сдвига по ней занимают наиболее свободные области кристалла в приторцевых участках и в центральной области между пачками следов, образуя полосы вторичного скольжения. Наибольшая доля следов сдвига в приторцевых участках и присутствие большого количества мезопачек плоскостей сдвига по первой плоскости в центральной части образца определяют закономерности образования мезопачек по второй плоскости.

Макрофрагментация монокристаллов меди с заданной кристаллографической установкой и организация сдвига во фрагментах имеет сходство с фрагментацией наблюдаемой ранее при деформации аналогичных монокристаллов алюминия [], никеля [] и сплава Ni_3Fe [].

Список литературы

1. *Конева Н.А., Козлов Э.В.* Закономерности субструктурного упрочнения // Изв. вузов. Физика.– 1991.– №3.– С. 56–70.
2. *Теплякова Л.А., Лычагин Д.В., Беспалова И.В.* Закономерности макролокализации деформации в монокристаллах алюминия с ориентацией оси сжатия [110] // Физ. мезомех. - 2004. - Т. 7. - N 6. - С. 63-78.
3. *Лычагин Д.В., Алфёрова Е.А., Старенченко В.А.* Влияние кристаллогеометрической установки на развитие макрополос и неоднородность деформации в [$\bar{1}11$]-монокристаллах никеля // Физ. мезомех. - 2010. - Т. 13. - № 3. - С. 75-88
4. *Теплякова Л.А., Куницына Т.С., Конева Н.А., Старенченко В.А., Козлов Э.В.* Макрофрагментация сдвига в монокристаллах сплава Ni_3Fe при активной пластической деформации // Физ. мезомех. - 2000. - Т. 3. - N 5. - С. 77-82.
5. *Лычагин Д.В., Старенченко В.А., Соловьева Ю.В.* Классификация и масштабная иерархия структурных элементов деформации ГЦК-монокристаллов // Физическая мезомеханика 8, 6, 67 (2005)
6. *Лычагин Д.В.* Фрагментация пластической деформации в металлических материалах с ГЦК-решеткой // Физ. мезомех. – 2006. – Т. 6. – № 3. – С. 103-113.

ДЕФОРМАЦИОННЫЙ РЕЛЬЕФ НА БОКОВЫХ ГРЯНЯХ [$\bar{1}11$]-МОНОКРИСТАЛЛОВ МЕДИ ПРИ СЖАТИИ

Чумаевский А.В.¹, Лычагин А.Д.¹, Алферова Е.А.²

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. Лычагин Д.В.¹

¹Томский государственный архитектурно-строительный университет
634003, Россия, г. Томск, пл. Соляная 2

²Юргинский технологический институт Томского политехнического университета,
Юрга, ул. Ленинградская, 26, 652000
E-mail: Tch7AV@rambler.ru

Введение

Выявление закономерностей пластической деформации при сжатии металлов и сплавов требует проведения комплексных исследований структуры деформационного рельефа. Изучения поли- и нанокристаллических материалов осложнены наличием значительного влияния кристаллографических разориентировок на деформацию [1]. Применение монокристаллов для исследования процессов деформации позволяет однозначно установить влияние кристаллографического фактора. Между тем, развитие деформационных процессов в монокристаллах также сопровождается появлением и развитием разориентировок. Сложившееся положение обусловлено, прежде всего, неоднородностью протекания пластической деформации монокристаллов при сжатии [2-3]. На микромасштабном уровне взаимосвязь развития дислокационных субструктур со стадийностью кривой деформационного упрочнения ГЦК металлов и сплавов хорошо изучена во многих работах, например [4]. Представляется важным исследование таких закономерностей на макроуровневом уровне в соответствии с многоуровневым подходом к процессам деформации. В связи с вышеперечисленным, целью данной работы является исследование развития деформационного рельефа, образованного на боковых гранях [$\bar{1}11$]-монокристалла меди при сжатии и сопоставление полученных данных со стадийностью кривой деформационного упрочнения.

Материал и методика

В настоящей работе исследовались монокристаллы меди технической чистоты размером 3x3x6 мм с ориентацией оси сжатия [$\bar{1}11$] (боковые грани (110) и ($1\bar{1}2$)), выращенные по методу Бриджмена. Деформацию образцов осуществляли сжатием при комнатной температуре со скоростью $3 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ на установке Instron ElektroPuls E10000. Исследования деформационного рельефа проводили на оптическом микроскопе LeicaDM 2500P и растровых электронном микроскопе Tescan VegaII LMU. Исследование трехмерной структуры поверхности проводили на микроинтерферометре NewView 7200.

Результаты и обсуждение

При нагружении сжатием вдоль направления [$\bar{1}11$] равнонагруженными являются 6 систем сдвига – 3 плоскости {111} по два направления $\langle 110 \rangle$ в каждой [1]. Картина сдвига, образующаяся на боковых гранях монокристаллов с ориентацией оси сжатия [$\bar{1}11$] при деформации 4%, представлена прямолинейными следами от сдвига по октаэдрическим плоскостям, зарождающимися макро- и мезоскладками, макрополосами деформации. Зарождение центральных макрополос деформации начинается вдоль границ зоны, где плоскости скольжения ограничены с двух сторон пуансонами испытательной машины, такие области в литературе принято называть областями «стесненного» сдвига [5,6]. Наибольшее количество макрополос деформации наблюдается за пределом данных областей.

Сдвиг по плоскости ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$) происходит преимущественно за пределами областей «стесненного» сдвига, а для плоскостей (11 $\bar{1}$) и ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$) такая закономерность не столь очевидна.

При увеличении степени деформации до 13% картина деформационного рельефа усложняется. Возрастает доля площади, занимаемая следами от сдвига и макрополосами по плоскостям ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$), (11 $\bar{1}$) и ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$). Сдвиг по плоскости ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$), при этом, незначителен, следы локализованы в двух участках на гранях (1 $\bar{1}2$).

Большой вклад в деформацию образца вносит сдвиг по плоскости (11 $\bar{1}$), в данном случае на гранях *a* и *c* наблюдаются развитые макрополосы деформации, на гранях *b* и *d* присутствуют прямолинейные следы от сдвига и небольшие макрополосы. Наиболее интенсивным на данном этапе является сдвиг по плоскости ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$).

Следует обозначить также расположение некоторых систем следов от сдвига по плоскости ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$) в отдельных областях на гранях (110) в виде строчек. У Хоникомба [1] подобные образования в ГЦК-металлах классифицируются как полосы сброса.

На боковых гранях *b* и *d* (110) в отдельных областях образца образованы хорошо выделяющиеся системы следов. На грани *d* таких следов небольшое количество (менее 1%), а на грани *b* наблюдаются системы следов, занимающие до 14% грани. Неясна природа появления следов от сдвига по «новой» плоскости.

Они либо образованы сдвигом по всему объему образца, либо находятся исключительно на поверхности и образуют складки. Предположительно, при изгибе образца, который наблюдается и при исследовании монокристаллов никеля с данной кристаллографической ориентацией [5-8], в деформацию могла вступить плоскость $(\bar{1}11)$, ненагруженная в исходном состоянии.

Деформация $[\bar{1}11]$ -монокристалла меди в промежутке от 4 до 13% связана с протеканием ряда процессов. Во-первых, развивается скольжение по плотноупакованным плоскостям, во-вторых, отдельные области кристалла наклоняются либо поворачиваются относительно вертикальной оси. В результате объем образца оказывается разбит на отдельные фрагменты различного масштабного уровня (макро- и мезоуровень). В данной работе ограничимся исследованием макрофрагментации монокристаллического образца.

Взаимосвязь областей изгиба образца и зон с максимальной плотностью следов сдвига и макрополос проявляется на поверхности образца следующим образом (рис.). Наибольшие перегибы образца наблюдаются на границах областей с различной плотностью следов от сдвига на гранях b и d . На гранях a и c выявляется взаимосвязь данного фактора со складкообразованием, заключающаяся в образовании широких изгибных полос с повышенной относительно соседних областей плотностью и размером складок, а также линий изгиба образца (II). На рис. числами справа показаны отклонения следов от сдвига по плоскости $(\bar{1}11)$ от первоначальной кристаллографической ориентации.

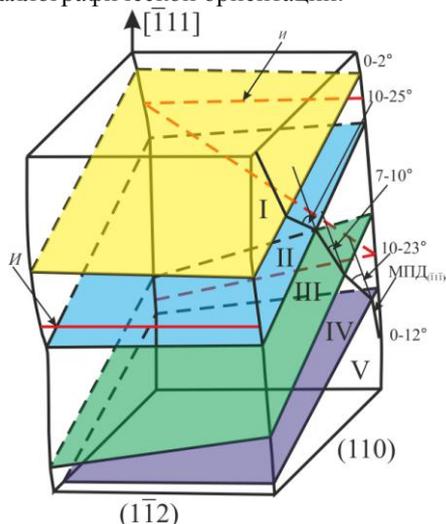


Рис. Фрагментация образца на макроуровне при 13%

Из схемы видно, что наименьшие отклонения следов от сдвига приходятся на два приторцевых фрагмента (I и V). Промежуточные значения демонстрирует центральный фрагмент (III). Наибольшие отклонения наблюдаются во II-ом и

IV-ом фрагментах. Плотность следов от сдвига в них также максимальна. Именно на эти фрагменты и границы между ними, а также центральным фрагментом приходится изгибы на гранях $(1\bar{1}2)$ (II на рис.).

Заключение

Деформация монокристаллов с ориентацией оси сжатия $[\bar{1}11]$ связана с рядом закономерностей. Данные закономерности, обусловленные различным классом симметрии кристаллографической ориентации и образца в форме параллелепипеда, геометрическим фактором и т.д., которые приводят к неоднородному протеканию деформации образца.

1. При деформации до 13% монокристалл разбивается на макрофрагменты, отличающиеся различным наклоном следов от сдвига и их плотностью, образующихся изначально, а также их плотностью.

2. При деформации до 13% на поверхности боковых граней формируются системы следов, не подходящие ни под одну из равнонагруженных систем сдвига.

Дальнейшие исследования с привлечением EBSD-методики позволят вскрыть физическую природу обнаруженных закономерностей.

Список литературы

1. Хоникомб Р.В. Пластическая деформация металлов. - М.: Мир, 1972 - 480с.
2. Бернер Р., Кронмюллер Г. Пластическая деформация монокристаллов. - М.: Мир, 1969. - 272 с.
3. Миркин Л.И. Физические основы прочности и пластичности. - М.: МГУ, 1968. - 537 с.
4. Конева Н.А., Козлов Э.В. Физическая природа стадийности пластической деформации и разрушения // Известия вузов Физика, 1982, №6. - С.5-24.
5. Лычагин Д.В., Алферова Е.А., Старенченко В.А. Влияние кристаллометрической установки на развитие макрополос и неоднородность деформации в $[\bar{1}11]$ -монокристаллах никеля // Физ. мезомех. - 2010. - Т. 13. - № 3. - С. 75-88
6. Лычагин Д.В., Старенченко В.А., Соловьева Ю.В. Классификация и масштабная иерархия структурных элементов деформации ГЦК-монокристаллов // Физическая мезомеханика 8, 6, 67 (2005)
7. Лычагин Д.В., Алферова Е.А. Причины неоднородной пластической деформации ГЦК монокристаллов, деформированных сжатием // Деформация и разрушение материалов. - 2010. - № 10. - С. 1-10.
8. Алферова Е.А., Лычагин А.Д., Лычагин Д.В., Старенченко В.А. Неоднородность деформации монокристаллов никеля с разной кристаллометрической установкой // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. Т.9. №2. 2012. С. 218-224.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ И АЛЮМИНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ

Шевцова Л.И., Самейцева Т.С.

Научный руководитель: Батаев А.А., д.т.н., профессор
Новосибирский государственный технический университет,
630092, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20

E-mail: edeliya@ngs.ru

При разработке и изготовлении деталей для аэрокосмических систем предъявляются высокие требования к используемым функциональным и конструкционным материалам. Применяемые материалы должны быть более прочными и жесткими чем традиционные материалы, и в целом, обладать повышенным уровнем физико-химических и механических свойств.

Интерметаллиды на базе алюминия и никеля являются одними из наиболее перспективных материалов, удовлетворяющих отмеченным требованиям. Характерными особенностями интерметаллидов системы «Ni-Al» являются сочетание высокой твердости, жаропрочности и низкой плотности, а также высокие показатели износостойкости и коррозионной стойкости. В свою очередь, для разработки бездефектных конструкций из интерметаллидов необходимо решить проблему, связанную с повышенной хрупкостью этих материалов и длительностью технологических процессов их получения. Поиск новых технологических решений, способных создать условия для формирования интерметаллидов со структурой, обеспечивающей повышение пластичности и сохранение прочности, жесткости и износостойкости является в настоящее время одной из наиболее значимых задач.

Для формирования компактных изделий на основе интерметаллидов системы «Ni-Al» в работе использовалась технология искрового плазменного спекания порошковых смесей (SPS-технология). Одним из основных достоинств данной технологии является кратковременность процесса спекания материала, позволяющая сохранить мелкодисперсную структуру.

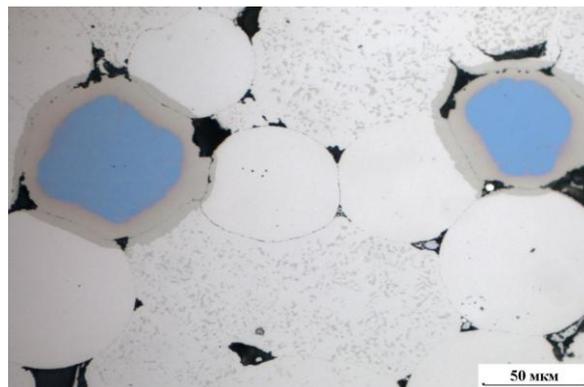
Исходными материалами являлись порошки ПН85Ю15 (соединение Ni_3Al), ПН70Ю30 ($NiAl$) и пигментная алюминиевая пудра ПАП-2. Для спекания были подготовлены следующие порошковые смеси: ПН85Ю15, ПН85Ю15 + ПАП-2 (1:1 по объему), ПН70Ю30, ПН70Ю30 + ПАП-2 (1:1 по объему). Порошковые смеси, содержащие алюминиевую пудру, были получены путем перемешивания в планетарной шаровой мельнице Fritch pulverizette 6 в течение 6 часов в жидкой среде на основе изопропилового спирта.

Спекание порошковых смесей проводили на установке Labox-1575. Процесс искрового плазменного спекания осуществлялся при следующих условиях: скорость нагрева – 100 °С/мин, давление – 40 МПа, изотермическая

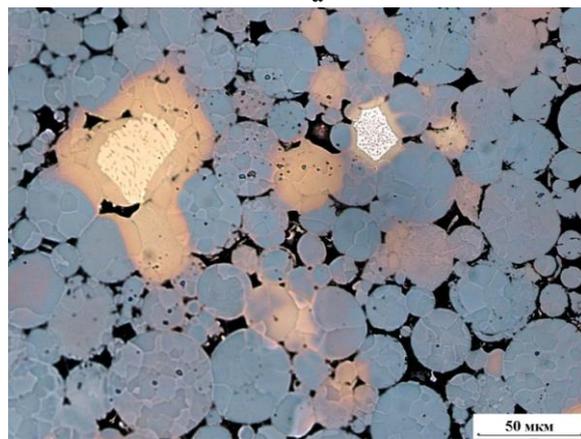
выдержка при максимальной температуре спекания – 1 мин, максимальная температура спекания для порошков ПН85Ю15 и ПН70Ю30 составляла 1000 °С, для порошковых смесей, содержащих ПАП-2 – 600 °С.

Исследование микроструктуры образцов, полученных по SPS-технологии, проводили методами оптической и растровой электронной микроскопии.

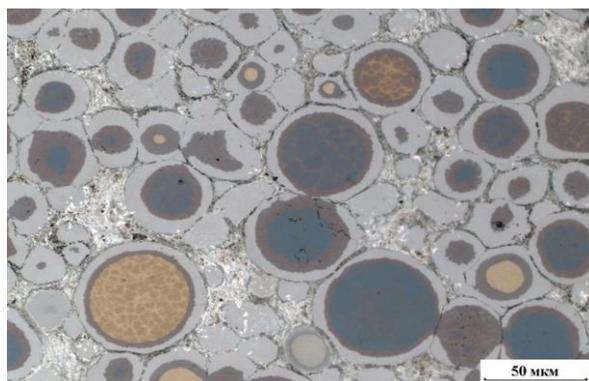
На рис. 1. представлена микроструктура материалов, полученных методом искрового плазменного спекания порошковых смесей, содержащих интерметаллиды на основе никеля и алюминия.



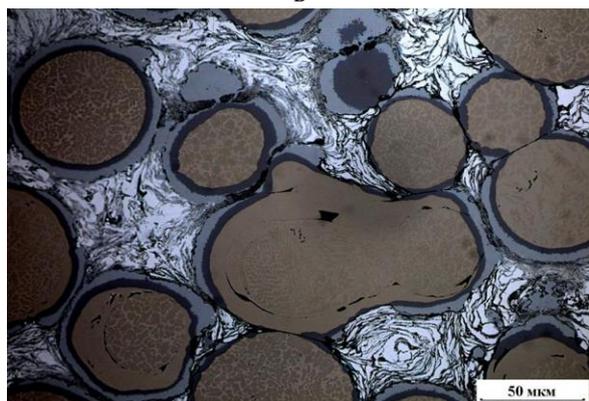
а



б



б



г

Рис. 1. Структура спеченных материалов на базе порошков ПН85Ю15 (а), ПН70Ю30 (б) и порошковых смесей ПН70Ю30 и ПАП-2 (в), ПН85Ю15 и ПАП-2 (г).

Металлографические исследования проводились на оптическом микроскопе типа Carl Zeiss AxioObserver Alm с использованием метода светлого поля. Структура продольного и поперечного сечения всех спеченных образцов однородная. Особенностью полученных материалов является их повышенная пористость. Наибольшая пористость оказалась у материала, полученного спеканием порошковой смеси ПН85Ю15+Al (возможно из-за недостаточного высокой температуры спекания).

С помощью энергодисперсионного анализа в спеченном образце на базе порошка ПН85Ю15 зафиксированы фазы NiAl и Ni₅Al₃, в образце, полученном спеканием порошка ПН70Ю30, выявлены фазы Ni₂Al₃ и Ni₅Al₃. В спеченном материале на основе порошковой смеси ПН70Ю30 и ПАП-2 (1:1 по объему) обнаружены фазы NiAl, Ni₅Al₃, Ni₂Al₃ и Ni₃Al. В образце, полученном спеканием порошковой смеси на базе ПН85Ю15 и ПАП-2 (1:1 по объему) определены фазы NiAl₃, Ni₂Al₃, Ni₅Al₃ и Ni₃Al.

На данном этапе работы проведена оценка микротвердости спеченного материала на основе порошковой смеси ПН70Ю30 и ПАП-2, позволяющая в экспресс-режиме установить свойства отдельных фаз. Для фазы NiAl значение микротвердости составляет 4334 МПа, для фазы Ni₂Al₃ – 7300 МПа. Значение микротвердости фазы Ni₅Al₃ составило 5200 МПа, а для Ni₃Al – 4676 МПа. Полученные величины соответствуют литературным данным о значениях микротвердости некоторых интерметаллидов на основе никеля и алюминия [1].

В качестве основного показателя прочностных свойств в работе использовалась величина предела прочности материалов. Предел прочности на изгиб определялся для образцов, спеченных из порошков ПН85Ю15 и ПН70Ю30. Этот показатель составил - 270 МПа и 150 МПа соответственно.

С целью достоверного выявления типов образующихся фаз планируется проведение рентгенофазового анализа. Следующий этап работы предполагает дальнейшую оптимизацию режимов спекания материалов и проведения более глубоких исследований.

Список литературы:

1. Stone, H. E. N. The oxidation resistance and hardness of some intermetallic compounds / H. E. N. Stone// Journal of Materials Science. - 1974. - Volume 9. - P. 607–613.

ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФЕРРИТНО-МАРТЕНСИТНЫХ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ТЕРМООБРАБОТКИ

Шевяко Н.А.¹, Литовченко И.Ю.^{1,2}

Научный руководитель: Тюменцев А.Н.^{1,2}, д.ф.-м.н., профессор

¹ Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
634021, Россия, Томск, пр. Академический, 2/4

² Томский Государственный Университет, 634050, Россия, Томск, пр. Ленина, 36

E-mail: nadejda89tsk@yandex.ru

В настоящей работе предпринята попытка модификации гетерофазной структуры высокохромистых ферритно-мартенситных сталей ЭК-181 (16X12B2ФТаР) и ЧС-139 (20X12НМВБФАР) для повышения уровня их жаропрочности в интервале предположительных рабочих температур (600-700°C).

Основная идея такой модификации заключается в выделении значительной объемной доли наночастиц на основе ванадия V(CN) и уменьшении средних размеров (ширины) мартенситных ламелей.

Исследование микроструктуры указанных сталей в состояниях после закалки и отжига в интервале температур $T=(500\div 720)^\circ\text{C}$ показало [1], что в процессе закалки формируется небольшое количество наночастиц V(CN). К выделению значительной объемной доли таких частиц приводят отжиги закаленных образцов, причем с увеличением температуры и длительности отжига интенсивность этого процесса возрастает.

В связи с этим, в настоящей работе предложены режимы термической обработки (ТО), включающие длительные (8 ч.) отжиги при пониженной температуре ($T=500^\circ\text{C}$) для выделения стабильных наноразмерных частиц V(CN). Для уменьшения ширины фрагментов мартенсита и увеличения плотности дислокации проводились повторные закалки с меньших температур (950°C, 1000°C) и при меньших временах выдержки. При такой закалке не происходит полного растворения выделений карбонитрида ванадия V(CN), что приводит к повышению их плотности в закаленном состоянии. Финальный отжиг при температуре $T=720^\circ\text{C}$ является традиционным для жаропрочных сталей такого класса, так как позволяет стабилизировать полученную структуру и обеспечить сохранение в течении длительного времени достигнутых механических свойств при температуре эксплуатации.

Термическая обработка сталей ЭК-181 и ЧС-139 проводилась по следующим режимам:

- ТО-I - закалка от 1100°C, 1 ч. + 720°C, 3 ч.;
- ТО-II - закалка от 1100°C, 1 ч. + 500°C, 8 ч. + закалка от 950°C, 30 мин.;

- ТО-III - закалка от 1100°C, 1 ч. + 500°C, 8 ч. + закалка от 950°C, 30 мин. + 720°C, 3 ч.

- ТО-IV - закалка от 1100°C, 1 ч. + 500°C, 8 ч. + закалка от 1000°C, 1 ч + 720°C, 3 ч.

Установлено [1], что важной особенностью гетерофазной структуры исследуемых сталей после традиционной термической обработки (ТО-I), является высокая плотность наночастиц ГЦК карбонитрида ванадия V(CN) размерами не более 8 нм. Карбиды $M_{23}C_6$ после такой обработки представляют собой неравноосные частицы размерами до 110 нм. Другой важной отличительной особенностью образцов стали ЭК-181, прошедших обработку по режиму ТО-I, является формирование внутри фрагментов мартенсита субструктуры с непрерывными разориентировками. Электронно-микроскопическое 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 указанных сталей по режиму ТО-II представляет собой преимущественно мартенситную структуру со средней шириной пакетов мартенсита порядка 250 нм. Плотность стабильных наноразмерных частиц V(CN) после рассматриваемой термической обработки сравнима, а локально превосходит таковую после традиционной термической обработки (рис. 1).

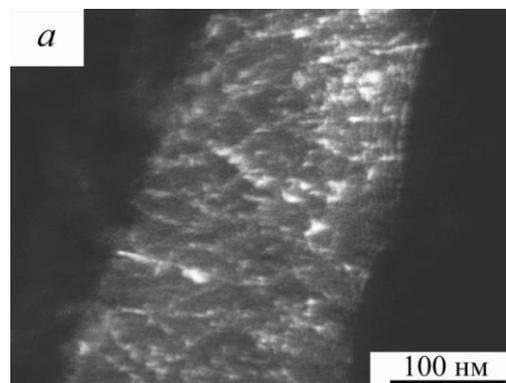


Рис.1. Темнопольное электронно-микроскопическое изображение стали ЭК-181 после ТО-II в рефлексе наночастиц V(CN)

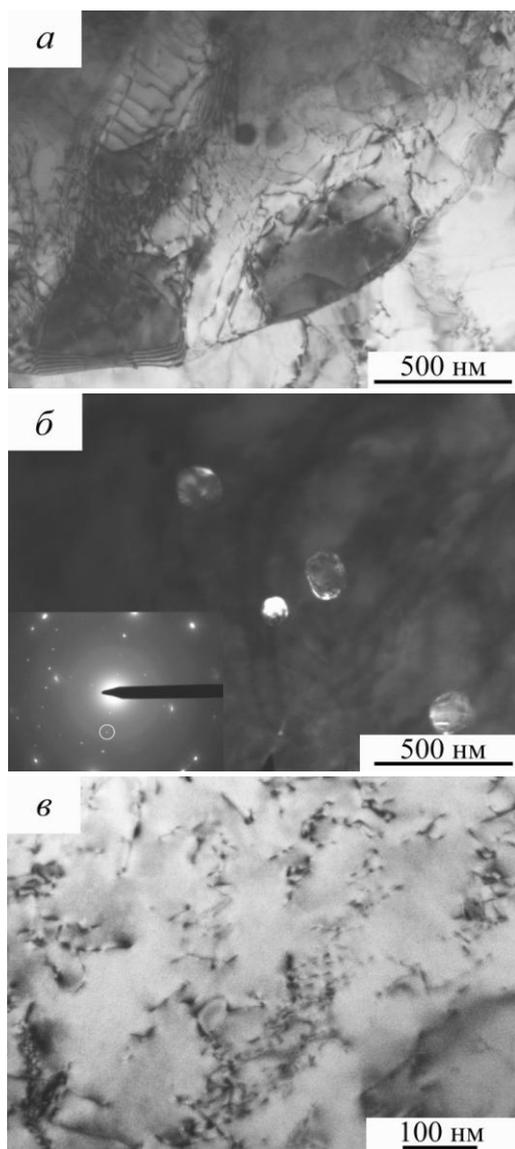


Рис.2. Электронно-микроскопические изображения стали ЭК-181 после ТО-III: *а* – ферритная структура; *б* – карбиды $M_{23}C_6$; *в* – наночастицы $V(CN)$

Равноосные карбиды $M_{23}C_6$ размерами ~ 100 нм встречаются значительно реже, чем после ТО-I.

Таким образом, применением повторной закалки после длительного отжига удастся значительно увеличить плотность наночастиц $V(CN)$ в мартенситной структуре с высокой плотностью дислокаций. То есть в режиме ТО-II удастся совместить факторы, ответственные за дисперсное и субструктурное упрочнение.

Показано, что особенности структурно-фазовых превращений в сталях ЭК-181 и ЧС-139 качественно подобны. Электронно-микроскопическое исследование их структуры после обработок ТО-III и ТО-IV показало, что финальный отжиг при $T=720^\circ C$ в течении трех часов приводит к интенсивному отпуску мартенсита, релаксации внутренних напряжений и

трансформации преимущественно мартенситной структуры в ферритно-карбидную смесь (рис. 2а) с незначительным количеством остаточного мартенсита. Наблюдаются ферритные зерна размерами порядка нескольких мкм с невысокой плотностью дислокаций. Размеры карбидов $M_{23}C_6$ (рис. 2б) после таких обработок примерно в 2-3 раза больше, чем после ТО-I и ТО-II и могут достигать ~ 450 нм. Наночастицы карбонитрида ванадия $V(CN)$ увеличились в размерах до 10-15 нм при уменьшении их плотности (рис. 2в).

Предполагается, что в состоянии после повторной закалки структура исследуемых сталей была настолько неравновесной, что применение высокотемпературного отжига при $T=720^\circ C$ за счет увеличения коэффициентов диффузии значительно ускорило процессы отпуска мартенсита и коагуляции частиц карбидной подсистемы.

Механические испытания на растяжение сталей ЭК-181 и ЧС-139 показали (таблица), что в результате термообработок ТО-III и ТО-IV величина предела текучести существенно (на десятки процентов) уменьшается по сравнению с традиционной термообработкой (ТО-I) как при комнатной температуре испытаний, так и при $T = 650^\circ C$.

Таблица. Механические свойства сталей ЭК-181 и ЧС-139 после ТО по разным режимам

Режим обработки	Температура испытаний			
	$T = 20^\circ C$		$T = 650^\circ C$	
	$\sigma_{0.2}$, МПа	δ , %	$\sigma_{0.2}$, МПа	δ , %
ЭК-181				
ТО-I	827	8	390	8
ТО-III	577	14	246	19,4
ТО-IV	637	10	313	12,5
ЧС-139				
ТО-I	790	10	370	14
ТО-III	660	11,7	275	13
ТО-IV	590	11,3	300	20

По нашему мнению, для достижения высокой эффективности дисперсного и субструктурного упрочнения в сталях ЭК-181 и ЧС-139 возможно использование термообработок с длительными отжигами и повторными закалками, но при этом необходимо варьирование условий финального отжига.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашения №14.132.21.1597, № 8762 и гранта РФФИ № 12-03-00488-а.

Литература

1. Особенности микроструктуры феррито-мартенситной (12 % Cr) стали ЭК-181 после термообработок по разным режимам / Тюменцев А.Н. [и др.] // Журнал технической физики – 2012. – №12-2. – С. 52–58.

СИЛИКАТНАЯ КРАСКА НА ОСНОВЕ ЖИДКОГО СТЕКЛА, ПОЛУЧЕННОГО НОВЫМ СПОСОБОМ

Шевякова Т. Ю., Лебедева Е. Ю.

Научный руководитель: Казьмина О. В., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: yshevt@sibmail.com

Силикатная краска представляет собой суспензию щелочестойких пигментов, наполнителей и силикатизаторов в жидком стекле, предназначена для наружной и внутренней отделки зданий и сооружений.

Силикатные краски обладают рядом уникальных свойств, дающие значительное преимущество перед другими видами красок. Они не гниют и не имеют запаха, в этих красках практически не размножаются микроорганизмы, что помогает предотвратить появление плесени и грибка. Показатели прочности и долговечности силикатной краски выше, чем у известковых, поэтому их целесообразно использовать для защиты фасадов домов от водяных паров. Кроме того, покрытие из силикатной краски устойчиво к кислотным осадкам. Срок службы покрытия может достигать 15 лет. Покрытия на их основе атмосферно- и термостойки, устойчивы к действию УФ-лучей и озона, обладают высокой воздухо- и паропроницаемостью, имеют незначительное прилипание пыли и грязи, обладают огнезащитными свойствами и являются экологичными. В отделке интерьеров силикатные краски применяются для окрашивания оштукатуренных, негрунтованных стен в кухнях, коридорах и холлах, а также в помещениях подвала.

Несмотря на все преимущества силикатных красок, они не получили широкого применения в строительстве, поскольку силикатные составы через сутки становятся непригодными для применения, так как дают плотный нерастворяющийся осадок, образующийся при химическом взаимодействии жидкого стекла с пигментной частью. Поэтому по окончании работ остатки составов следует выливать. Также существенным недостатком является малая эластичность, то есть низкая способность краски перекрывать мелкие трещины.

Многие свойства данной краски зависят от применяемого жидкого стекла, в частности скорость твердения силикатной краски определяется концентрацией и модулем жидкого стекла, в связи с чем рекомендуется использовать высокомодульное жидкое стекло.

Целью данной работы является разработка состава силикатной краски на основе жидкого стекла, полученного из силикагеля и сухой щелочи новым способом.

Наиболее распространенный способ производства жидкого стекла, заключается в автоклавном растворении силикат-глыбы под действием острого пара при давлении 4-6

атмосфер и температуре 180-250 °С. Высокая энергоемкость производства силикат-глыбы, а также необходимость использования сложного автоклавного оборудования при ее растворении являются существенными недостатками этого способа. В данной работе опробован новый способ получения жидкого стекла без применения автоклава.

На первом этапе исследовалась возможность получения жидкого стекла и определение его модуля. На втором разрабатывался состав силикатной краски на основе полученного стекла с определением основных свойств краски.

В качестве основных компонентов для получения жидкого стекла использовались силикагель, сухой гидроксид натрия и горячая вода. Технический силикагель представляет собой высушенный гель кремниевой кислоты пористого строения с сильно развитой внутренней поверхностью, формула: $x\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Использованный в работе гидроксид натрия в виде чешуированной массы белого цвета, сильно гигроскопичен, хорошо растворим в воде и спирте. В таблице 1 приведена характеристика используемой щелочи марки ТР.

Таблица 1. Характеристика щелочи

Наименование показателей	Значение
Массовая доля гидроксида натрия, %, не менее	98,5
Массовая доля углекислого натрия, %, не более	0,8
Массовая доля хлористого натрия, %, не более	0,05
Массовая доля железа Fe_2O_3 , %, не более	0,004
Массовая доля хлорноватовислого натра, %, не более	0,01
Сумма массовых долей тяжелых металлов, осаждаемых H_2S в пересчете на Pb, %, не более	0,01
Массовая доля ртути, %, не более	0,0005

Сухие компоненты, взятые в соответствии с рассчитанным составом в количестве 233 г SiO_2 и 86 г NaOH измельчались и перемешивались в механоактиваторе типа "Активатор – 4S" (рис. 1).

После длительного перемешивания и измельчения полученная смесь порошка растворялась в горячей воде, температура которой поддерживалась в пределах 85-100 °С, затем раствор помещался в смеситель (барaban). После суточного перемешивания получен раствор

жидкого стекла, представляющий собой липкую жидкость темного цвета.



Рис. 1. Планетарная шаровая мельница "Активатор – 4S"

Для испытания модуля полученного жидкого стекла использовалась методика определения ускоренным методом по ГОСТ 13078-81. Данный метод основан на последовательном титровании раствором соляной кислоты жидкого натриевого стекла и раствором гидроокиси натрия до получения бесцветного раствора.

В коническую колбу вводилась 7 капель исследуемого раствора жидкого стекла и добавлялись 70 см³ дистиллированной воды и 7 капель раствора смешанного кислотного-основного индикатора. Исследуемый раствор титровался раствором соляной кислоты 0,5 моль/дм³ до изменения зеленовато-голубой окраски в фиолетовую.

Затем добавлялось 50 см³ раствора смеси фтористого натрия и хлористого калия, после чего вводился раствор соляной кислоты 0,5 моль/дм³ до изменения зеленовато-голубой окраски в устойчивую фиолетовую. Избыток кислоты оттитровывался 0,5 моль/дм³ раствором гидроокиси натрия до перехода фиолетового цвета в зеленовато-голубой.

Силикатный модуль (M) вычислялся по формуле:

$$M = \frac{V_1 + V_2}{V}$$

где V – объем раствора соляной кислоты, использованный при титровании, см³; V₁ – объем добавленного раствора соляной кислоты, см³; V₂ – объем раствора гидроокиси натрия, использованный при титровании, см³.

Результаты определения показали, что модуль полученного жидкого стекла равен 3,2, что соответствует модулю промышленных стекол. На основе полученного жидкого стекла, а также для сравнения и на основе промышленного жидкого стекла приготовлены силикатные краски. Компонентный состав которых приведен в табл. 2. Для исследований выбраны три состава красок, которые являются многокомпонентными.

Для сравнительного анализа полученных красок проводилась визуальная оценка их укрывистости.

Укрывистость это способность лакокрасочного материала делать невидимым цвет или цветовые различия окрашиваемой поверхности.

Таблица 2. Составы силикатных красок

Компоненты	Составы, г		
	1	2	3
Техническое жидкое стекло	100	50	-
Полученное жидкое стекло	-	50	100
Тальк	30	30	30
Мел (CaCO ₃)	40	40	40
Цинковые белила (ZnO)	30	30	30

Для определения укрывистости визуальным методом (по ГОСТ 8784-75) бралась шахматная доска формата А5 с размером клеток 23х23 и фотопластинка. Метод заключается в нанесении слоев краски на стеклянную пластинку до тех пор, пока контуры черно-белых клеток шахматной доски, подложенной под стеклянную пластинку, станут невидимыми. Укрывистость высушенной пленки (D), г/м², вычисляется по формуле:

S – площадь стеклянной поверхности, мм², m_0 – масса неокрашенной стеклянной пластинки, г; m_1 – масса стеклянной пластинки с высушенной пленкой, г.

Результаты сравнительного анализа свойств исследуемых красок приведены в таблице 3. Из данных которой видно, что все краски имеют нормальную густоту, легко наносятся и быстро высыхают в течение 5 минут. По данным укрывистости максимальное значение имеет состав, полученный на основе смешанного в равных пропорциях технического и экспериментального жидкого стекла.

Таблица 3. Характеристика полученных силикатных составов

Состав	Укрывистость		Визуальное описание
	класс	D, г/м ²	
1	2	296,3	Нормальная густота, легкость в нанесении, быстро высыхает, цвет светло серый, при нанесении есть разводы
2	2	321,3	Нормальная густота, легкость в нанесении, достаточно одного слоя, быстро высыхает, цвет серый
3	3	277,7	Нормальная густота, легкость в нанесении, достаточно одного слоя, быстро высыхает, цвет серый, разводов практически нет

Таким образом установлено принципиальная возможность получения жидкого стекла путем безавтоклавного растворения смеси силикагеля с щелочью, пригодного для синтеза силикатной краски. Данная краска имеет высокую степень укрывистости, это указывает на снижение ее расхода при использовании

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ПЛАСТМАССОВЫХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ НЕЙТРОНОВ

Яничкин А.В., Столыпина Л.Ю., Щербаков С.Г.

Научный руководитель: Залётин В.М., д.т.н., профессор

Университет природы, общества и человека «Дубна», 141980, Россия, г.Дубна, ул.Университетская, 19

E-mail: Sanches311992@gmail.com

Введение

Сцинтилляционные детекторы успешно используют в ядерной физике и в физике высоких энергий для регистрации заряженных и нейтральных частиц и для определения их энергии, измерения времени жизни нестабильных элементарных частиц и возбужденных ядер, изучения ядерных процессов и пр. Временное разрешение сцинтилляционных детекторов определяется формой световой вспышки, возбуждаемой заряженной частицей в сцинтилляторе, и временной дисперсией фотоумножителя. [1]

Постановка задачи

Для решения самых различных задач науки и техники широко используются неорганические и органические сцинтилляторы. При проектировании и строительстве больших детекторных установок нужно за короткое время изготовить десятки тысяч сцинтилляционных модулей, которые должны работать десятки лет без существенного изменения функциональных свойств. [2]

Пластмассовые сцинтилляторы представляют собой твёрдый раствор люминесцирующих веществ в полимерной основе. Люминесцентные свойства пластмассового сцинтиллятора зависят от состава (основное вещество и люминесцирующие добавки) и от температурного режима процесса полимеризации. В настоящее время ведётся непрерывный поиск материалов с улучшенными характеристиками для детектирования частиц. Для детектирования высокоэнергетических нейтронов в условиях фонового гамма излучения широко применяется метод дискриминации формы импульса. [3] Метод основан на различии форм сцинтилляционных сигналов вследствие возбуждения люминесценции нейтронами и гамма-лучами в пластмассовых сцинтилляторах. Для решения этой задачи было предложено изготовить сцинтиллятор на основе полистирола с 30% содержанием люминофора 2,5-дифенилоксазол (РРО). Сложность работы заключалась в том, что большой процент содержания добавки замедляет процесс полимеризации и при обычном режиме

полимеризации материал не обладает достаточной прочностью для механической обработки (токарной и шлифовально-полировальной).

Методы решения

Для получения эффективных пластмассовых сцинтилляторов очень важное значение имеет чистота используемых материалов. В качестве основы мы использовали стирол. Наличие примесей в исходном сырье снижает люминесцентные свойства пластмасс. Поэтому технический стирол осушили хлористым кальцием и дважды очистили методом ректификации при пониженном давлении в атмосфере азота. Подготовленный таким образом стирол подогрели до 60 °С и в нем растворили люминесцирующие добавки: РРО (30 %) и РоРоР (1,4-Бис (5-фенилоксазолил-2) бензол) (0,02 %). Полимеризация проводилась в стеклянной ампуле, имеющей длинную отводную трубку, которая служила обратным холодильником в процессе полимеризации. В тщательно вымытую и высушенную ампулу отфильтровали горячий раствор люминесцирующих добавок в стироле. В течение 30 минут раствор барботировали аргоном для удаления кислорода. Ампулу поместили в высокотемпературную баню. Температура теплоносителя в бане к этому моменту времени достигла значения (60 – 70) °С. Далее температуру бани за 3 часа повышали до 130 °С и поддерживали неизменной в течение трёх часов. Затем следовал подъём температуры до (150 ± 5) °С со скоростью 2,5 °С/ч. При этой температуре ожидали начала «бурной» стадии (кипения) процесса полимеризации. Нами наблюдалось появление пузырей на поверхности раствора. Процесс полимеризации продолжали в течение 104 часов (при температуре (150 ± 5) °С). Снижение температуры производили следующим образом:

- до 110 °С - со скоростью 2,5 °С/час;

(выдержка при 110 °С в течение 12 часов)

- до 90 °С – со скоростью 5 °С/час;

(выдержка при 90 °С в течение 12 часов)

- до 50 °С – со скоростью 5 °С/час;
- (выдержка при 50 °С в течение 8 часов)
- произвольное остывание до 25 °С.

Заполимеризовавшуюся массу (полимеризат) извлекли из ампулы и передали на участок механической обработки. Получившийся образец не обладал достаточной механической прочностью, при зажатии кулачками станка деформировался. Поэтому решено было дополимеризовать полученный образец. Для этого его поместили в стеклянную ёмкость и поставили в сушильный шкаф, обеспечивающий высокотемпературный нагрев. Температуру внутри шкафа подняли до 110 °С, выдержали при этой температуре 48 часов (2 суток), затем снизили температуру до 90 °С (температура стеклования полистирола) и выдержали 12 часов, затем снизили до 50 °С со скоростью 5 °С/ч и выключили сушильный шкаф. Поверхность полученного образца была достаточно твёрдой, но токарная обработка показала, что ближе к центру цилиндрического образца он становится мягким и легкоплавким. В таком состоянии образец не мог подвергаться механической обработке.

Был сделан вывод, что температуры 110 °С недостаточно для полной полимеризации образца как на поверхности так и в центре. Поэтому при изготовлении второго образца в режим полимеризации были внесены некоторые изменения. Стадия выдержки при температуре (150 ± 5) °С была увеличена со 104 часов до 154 часов. Через 72 часа после начала выдержки появился обильный осадок («иней») на стенках ампулы, раствор оставался прозрачным, без изменений. Снижение температуры производили по предыдущему режиму, за исключением того, что снижение до 50 °С шло со скоростью 2,5 °С/час. На этом этапе появилось 2 пузыря диаметром около 1 см в верхней части полимеризата (около 2 см от поверхности) и один пузырь диаметром 1 см в центре полимеризата, цвет которого приобрел легкую желтизну.

Полученный образец хорошо обрабатывался на токарном станке, показывая одинаковую твёрдость от поверхности до центра заготовки, также образец успешно шлифовался и полировался. Но при этом при больших усилиях его всё-таки можно было деформировать (в отличие от сцинтилляторов обычного состава на основе полистирола).

По второму режиму полимеризации был изготовлен ещё один образец, который также обладал хорошими механическими свойствами. Но, к сожалению, и у этого образца наблюдалось пожелтение, что существенно затрудняет исследование его характеристик.



Рис.1 график режимов полимеризации

Заключение

При выполнении исследовательской работы были изготовлены пластмассовые сцинтилляторы с гамма-нейтронной дискриминацией формы импульса. В ходе работы было отмечено, что большое содержание люминесцирующей добавки приводит к замедлению процесса полимеризации. Увеличение времени полимеризации позволяет получить образцы с хорошими механическими свойствами. Однако недостаточная прозрачность образцов (наличие желтизны) говорит о том, что технология изготовления сцинтилляторов с заданными свойствами требует доработки.

Список литературы

- [1] Медведев М.Н. Сцинтилляционные детекторы. М., Атомиздат, 1977, 136с.
- [2] Сцинтилляционные материалы. Получение, свойства, применение./ сборник статей.-Харьков: "институт монокристаллов", 2007.-416 стр.
- [3] Н.З. Галунов, В.П.Семиноженко Теория и применение радиoluminesценции органических конденсированных сред

СЕКЦИЯ 7

ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННАЯ АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ ENTERPRISE JAVA BEANS

Аипова А.Ю.

Научный руководитель: Аксенов С.В., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: aipova.a@gmail.com

В настоящее время большинство предприятий не только переходят на системы электронного документооборота, но и стараются полностью автоматизировать все бизнес-процессы. Одним из методов организации IT-инфраструктуры предприятия является сервис-ориентированная архитектура (далее SOA – Service-Oriented Architecture).

SOA - это подход к организации систем, в котором компоненты системы предоставляют свою функциональность в виде набора ориентированных на задачи бизнеса сервисов, к которым можно обращаться стандартизованным способом. Программные комплексы, разработанные в соответствии с SOA, могут быть реализованы на основе различных технологий, но в основном реализуются как набор веб-сервисов, которые базируются на общеизвестных стандартах. Веб-сервис описывается с помощью WSDL (Web Service Description Language – язык описания веб-сервисов) и определяется строкой URI (Uniform Resource Identifier – унифицированный идентификатор ресурса). Другие программные системы могут взаимодействовать с веб-сервисом согласно описанию посредством сообщений, основанных на различных протоколах, например SOAP (Simple Object Access Protocol – простой протокол доступа к объектам). Веб-сервисы развёртываются на серверах приложений, которых в настоящее время наблюдается в большом количестве для различных платформ, как в платном, так и в бесплатном решении. Поскольку далее речь пойдет о реализации веб-сервисов на Java, стоит упомянуть JBoss Application Server – JavaEE сервер приложений с открытым исходным кодом. Его можно свободно загрузить и использовать, при этом в свободном доступе находится полная документация. Такой сервер управляет соединениями с базой данных с одной стороны и соединениями с веб-клиентами с другой.

С тех пор, как J2EE (Java 2 Enterprise Edition) стал стандартом в области построения приложений уровня предприятий, технология Enterprise Java Beans (далее EJB) все чаще используется для создания сложных модульных приложений. Основным преимуществом этой технологии является возможность создания сложных приложений на основе независимых модулей. Также эта технология удобна для того, чтобы облегчить разработчикам создание приложений, избавив их от необходимости реализовывать такие сервисы, как транзакции, потоки и т.д., оставляя эти заботы на EJB-контейнер,

находящийся в EJB-сервере, в качестве которого может выступать один из существующих серверов приложений, поддерживающих технологию EJB, например, упомянутый ранее сервер приложений JBoss.

В технологии EJB используются три основных типа компонентов: сессионный компонент (Session Bean), который может быть как с сохранением состояния, так и без, компонент-сущность (Entity Bean) и управляемый сообщениями компонент (Message-Driven Bean). Для создания веб-сервиса более всего подходит сессионный компонент, так как компоненты-сущности моделируют постоянно хранимые объекты (бизнес-данные), а управляемый сообщениями компонент обычно используется для обработки событий в системе. Лучше всего использовать сессионный компонент без состояния, так как суть веб-сервиса – это только предоставление услуг. Преимущество компонента без состояния в том, что, в отличие от компонента с сохранением состояния, экземпляры компонента всегда хранятся в оперативной памяти, а именно в пуле экземпляров компонент, то есть их методы могут быть быстро вызваны контейнером для обслуживания клиента. Также компонент без состояния может обслуживать одновременно несколько клиентов. Схема функционирования EJB-системы изображена на рисунке 1. Здесь в ответ на запрос клиента EJB-контейнер вызывает метод случайного экземпляра компонента из пула.

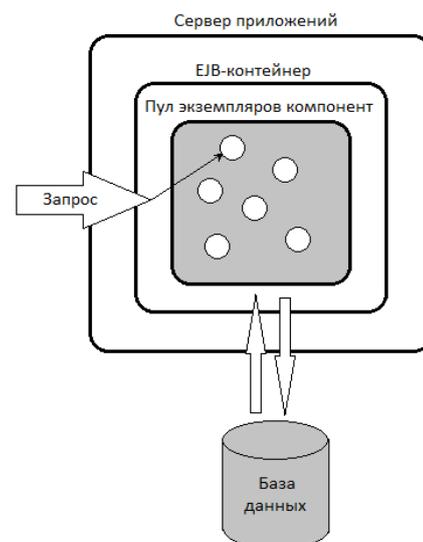


Рис.1.

Схема функционирования EJB-системы

С появлением в новой версии EJB 3.0 аннотаций, создание веб-сервиса на основе сессионного компонента стало простой задачей. Для этого нужно создать простой Java класс и пометить его следующими аннотациями:

```
@WebService(serviceName = "Administration")
@Stateless
public class AdministrationService {
...
}
```

Аннотация @Stateless указывает EJB-контейнеру, что этот класс нужно преобразовать в компонент без состояния. Далее контейнер сам будет управлять жизненным циклом компонента. Кроме того, класс должен быть помечен аннотацией @WebService с указанием названия сервиса. Методы внутри класса также должны быть помечены соответствующими аннотациями:

```
@WebMethod(operationName = "loadUserInfo")
public Result loadUserInfo(@WebParam(name = "login") String userLogin) {...}
```

Для использования в веб-сервисе уже существующих EJB компонентов, нужно пометить их аннотацией @EJB.

На основе аннотаций, во время развертывания приложения сервер приложений создаст WSDL файл с описанием сервиса. Описание содержит название сервиса, его расположение, методы, их параметры и возвращаемые значения и т.д.

После того, как приложение будет развернуто, веб-сервисы будут доступны для использования, например, по SOAP протоколу. SOAP – это протокол обмена структурированными сообщениями в формате XML (eXtensible Markup Language – расширяемый язык разметки), первоначально предназначался в основном для реализации удаленного вызова процедур. Сейчас протокол используется также для обмена произвольными сообщениями. Основным плюсом протокола SOAP это то, что вся информация организована в формате XML, то есть не нужно проводить предварительную обработку сообщения, все параметры доступны по названию. Ниже приведен пример SOAP ответа.

```
<soap:Envelope>
<soap:Body>
  <loadUserInfoResult>
    <login>user123</login>
    <fio>Иванов И.И.</fio>
    <telephone>111-11-11</telephone>
  </loadUserInfoResult >
</soap:Body>
</soap:Envelope>
```

В примере хорошо видно, что SOAP увеличивает объем сообщения. Следовательно, в некоторых случаях, когда скорость передачи сообщения по сети важнее времени обработки сообщения, лучше

выбрать другой способ передачи сообщений, например, пересылая их через HTTP напрямую, где параметры запроса передаются как обычные HTTP-параметры.

Далее на рисунке 2 изображена схема взаимодействия клиента с веб-сервисом. При этом Сервис-брокер здесь является необязательным компонентом, так как является системой для регистрации WSDL файлов с описанием веб-служб, и может не использоваться, а описание сервисов может храниться у поставщика.



Рис.2. Схема взаимодействия клиентом с веб-сервисом

Использование технологии EJB позволяет объединить модульную архитектуру приложения, когда сущности и бизнес-логика находятся в разных компонентах, с сервисно-ориентированным подходом. Простота конфигурирования веб-сервисов в технологии EJB, а также то, что они доступны из любой программной системы, будь то веб-сайт или прикладное приложение, не зависимо от технологии разработки и платформы, представляют SOA как один из наиболее удобных подходов для организации информационной системы на Java. Поскольку SOA основывается на стандартах, сервисы можно быстро создавать и объединять. С появлением повторно используемых сервисов внесение изменений в систему становится проще, это способствует повышению эффективности и повторному использованию, а также дает возможность подстраивать информационную систему под меняющиеся требования. Однако, с

Список использованной литературы

1. Краткие основы SOA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ibm.com/developerworks/ru/edu/ws-soa-ibmcertified/index.html>, свободный.
2. Руководство программиста Enterprise JavaBeans [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.javaportal.ru/java/tutorial/EJBProgrammersGuide.pdf>, свободный.
3. Expose EJB3 as Web Service [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mastertheboss.com/jboss-web-services/expose-ejb-3-as-web-services>, свободный.

ВЫБОР СРЕДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИГР ПОД ОПЕРАЦИОННУЮ СИСТЕМУ ANDROID

Анисимова Д.А.

Научный руководитель: Вичугова А.А., ассистент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: fonce21@sibmail.com

Введение

В связи с повсеместным распространением мобильных компьютеров, включая сотовые телефоны, электронные книги, планшеты, коммуникаторы, смартфоны и пр., постоянно возрастает актуальность разработки программных приложений для подобных устройств.

Часто возникает вопрос выбора соответствующей платформы для разработки из существующего многообразия: iOS, Android, Windows Phone и т.д. Существует множество подходов к разработке, которые открывают множество возможностей для разработчиков.

В данной статье рассматривается обоснование выбора платформы и начальный этап разработки графической игры для мобильных устройств.

Сегодня производители мобильных устройств считают внедрение новых возможностей в области мобильных игр одним из важных направлений развития своей продукции.

Игры для мобильных платформ прошли долгий путь развития: существенно изменилась графика, появились сложные функции, занимающие большой объем памяти, усовершенствовалось звуковое сопровождение, добавились возможности управления персонажами или объектами игры с помощью сенсорного дисплея и акселерометра. Раньше игры распространялись только как бонус-приложение к телефону, а сейчас есть масса возможностей скачать игры на телефон платно или бесплатно.

Выбор платформы

В настоящее время одной из наиболее распространенных программной платформой для мобильных устройств является Android, основанный на ядре Linux. При этом Android позволяет использовать всю мощь открытого интерфейса программирования приложений Application Programming Interface (API), используемого в приложениях ядра. Архитектура построена таким образом, что любое приложение может использовать уже реализованные возможности другого приложения при условии, что последнее откроет доступ на использование своей функциональности [1]. Таким образом, архитектура реализует принцип многократного использования компонентов операционной системы и приложений.

Распространяется Android на различных видах оборудования, которые только можно представить в виде современных мобильных устройств – телефонов, смартфонов, коммуникаторов, планшетных компьютеров, электронных книг и многое другое.

Инструменты разработки

Основатели платформы Android предлагают бесплатный пакет Android SDK, содержащий эмулятор мобильной платформы, используемой на устройствах, а также инструменты для настройки выбранной среды программирования, что позволяет без проблем создавать бесплатные или почти бесплатные приложения.

Поэтому программисту необходимо выбрать подходящий инструментарий разработки, совместимый с пакетом SDK. Подобных сред разработки существует несколько, но наиболее популярными сегодня считаются игровой редактор Unity3D и плагин для IDE Eclipse «Android Development Tools» (ADT).

Unity3D представляет собой профессиональный мультиплатформенный игровой редактор для создания игр и графических приложений [2]. Он включает конструктор игр – среду редактирования с удобным пользовательским интерфейсом, позволяющим создавать игру визуально. Редактор игр прост и интуитивно понятен: свойства объектов настраиваются несколькими кликами мыши, включая назначение текстуры, звука, поведения, привязку скриптов и т.д. Игровые объекты полностью управляемы, интерактивны и настраиваемы: возможно, визуальное перетаскивание и манипуляции с объектами, их клонирование и другие сложные операции [3].

При использовании редактора разработчику не приходится думать об аппаратной и программной конфигурации устройства, разрешении экрана и версии операционной системы. Все эти проблемы решаются со стороны Unity. Для создания сценариев можно использовать языки программирования C# и JavaScript.

Eclipse представляет собой свободную интегрированную среду разработки модульных кроссплатформенных приложений. Для Eclipse существует целый ряд свободных и коммерческих модулей. Первоначально среда была разработана для

языка Java, но сегодня существует множество расширений для поддержки и других языков: C/C++, Fortran, JavaScript и т.д. Плагин ADT, разработанный компанией Google, расширяет возможности среды. Он позволяет быстро создать новые проекты Android, включая интерфейс приложения, добавлять пакеты на основе Android Framework API и выполнять отладку приложений с использованием инструментов Android SDK[4].

Eclipse с помощью удобного графического интерфейса позволяет разработчику видеть, что он делает и автоматически привязывает события к объектам. В свою очередь, Unity отображает конечный результат, т.е как выглядит все приложение в целом, но объекты приходится создавать самостоятельно и настраивать привязку сценариев к ним.

Тестирование и сравнение инструментов

Как правило, мобильные игры содержат большое количество элементов графики (картинки, анимация). Поэтому для сравнения Unity3D и ADT были выбраны уже готовые анимированные игры на Android Market, созданные с помощью этих пакетов. Игры оценивались по следующим критериям:

- время загрузки приложения (сек);
- размер памяти приложения (MB);
- средняя загрузка кэш памяти (MB);
- максимальная загрузка центрального процессора устройства (%);
- среднее время отклика приложения по запросу пользователя (мс);
- оценка использования анимации (max 10);
- оценка управления (max 10);
- оценка звуковых сопровождений (max 10);

Для оценки значений вышеперечисленных параметров было использовано стандартное приложение, отображающее загрузку процессора – «Процессор проверки», которое строит график загрузки процессора (рис.1), и отображает данные программы.



Рис. 1 – График загрузки процессора

В таблице 1 приведена статистика оценки работы игр.

Таблица 1 – Статистика работы игр

Критерий	Unity	Eclipse (ADT)
Загрузка, сек	5-8	8-14
Размер, MB	18-20	4 - 15
КЭШ, MB	5-7	5-7
ЦП, %	25-35	30-55
Отклик, мс	300-700	500-800
Анимация	8-10	5-8

Управление	9-10	9-10
Звук	10	10

Проанализировав результаты статистики, можно сказать о преимуществе среды разработки Unity. В ее достоинства входят быстрая загрузка приложения, минимальные затраты аппаратной части системы и время отклика программы. Графика состоит из более ярких анимированных изображений. Единственным недостатком является объем памяти, занимаемой приложением. Среда разработки Eclipse больше подходит для создания кнопочных приложений и требует более высоких параметров устройства. Unity более прост для разработчика, имеет удобный интерфейс (рис.2), в котором можно быстро создать сцену игры и в любой момент отредактировать ее.

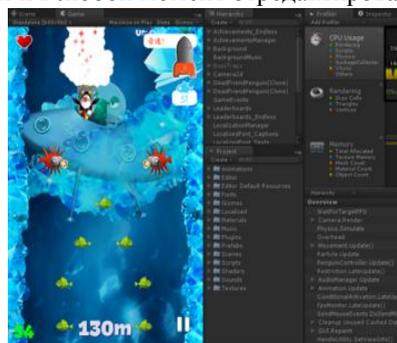


Рис. 2 – Настройка сцены игры

Готовое приложение может быть опубликовано для общего доступа в среде Android Market с целью бесплатного распространения или продажи, что позволяет коммерциализировать разработку.

Заключение

В работе рассмотрены основные принципы для разработки приложений под мобильные платформы. С помощью тестирования готовых продуктов были определены достоинства и недостатки наиболее популярных на сегодня средств разработки: Unity3D и ADT. В результате анализа полученных характеристик сделан выбор оптимальной и удобной среды разработки для графической игры под операционную систему Android.

Литература

1. Свободная энциклопедия «Википедия». Android [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Android>
2. Официальный сайт компании Unity3D [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://unity3d.com/>
3. Свободная энциклопедия «Википедия». Unity (игровой движок) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Unity/>
4. Свободная энциклопедия «Википедия». Eclipse (среда разработки) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Eclipse>

УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫМ ОБЪЕКТОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА SIEMENS S7-400 НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ STL

Астанин А.Е., Суходоев М.С.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: AstAlexEvg@gmail.com

Введение

В настоящее время, системы автоматического управления решают большой ряд задач регулирования технологических процессов. Одной из них на сегодняшний день является задача автоматического управления тепловыми объектами. Под тепловым объектом предполагается любой объект, температура которого способна изменяться в процессе работы. Зачастую, в производственных условиях процесс изменения температуры теплового объекта необходимо контролировать. Необходимость управления температурой объекта может быть вызвана различными причинами. Например, необходимостью поддержания температуры технологического процесса на производстве для нормальной протекания химической реакции. Для решения данной проблемы используются соответствующие законы регулирования, алгоритмы, осуществляемые на различных устройствах регулирования технологических процессов. Таким образом, задача управления тепловым объектом сводится к выбору принципа регулирования и используемых аппаратного и программного обеспечений.

В данной статье будет рассматриваться принцип построения системы автоматического управления тепловым объектом на базе микроконтроллера Siemens S7-400 в среде программирования Simatic Step7. Основной задачей является реализация алгоритма регулирования температуры теплового объекта в среде программирования Simatic Step7 на языке STL.

Теоретическое проектирование управления тепловым объектом

Объектом регулирования является резистор ПЭВР-25 номиналом 20 Ом, нагревающийся при подаче напряжения. Аналоговый датчик Т1 LM335, установленный на тепловом объекте, измеряет температуру резистора и подает соответствующее напряжение на вход микроконтроллера Siemens S7-400, где происходит АЦП-преобразование и регулирование температуры. Физически, регулирование осуществляется посредством включения и выключения подачи напряжения на резистор. Для сигнализации максимального и минимального значений температуры печи используются два светодиода D1 и D2. Принципиальная электрическая схема теплового объекта представлена на рис. 1.

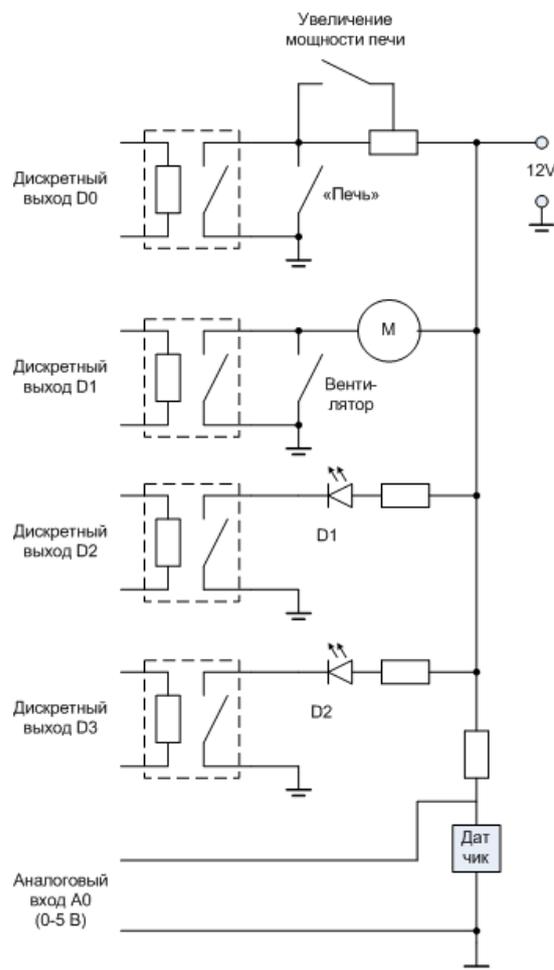


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема теплового объекта.

Для регулирования теплового объекта был выбран ПИ-регулятор, ввиду ряда его достоинств, таких как:

- Обеспечение нулевой статической ошибки регулирования;

- Простота настройки, так как настраиваются только два параметра – коэффициент усиления K_p и постоянная времени интегрирования T_i , благодаря чему имеется возможность

оптимизации отношения $\frac{K_p}{T_i}$, что обеспечивает

управление с минимально возможной среднеквадратичной ошибкой регулирования;

- Малая чувствительность к шумам в канале регулирования [1].

Передачная функция ПИ-регулятора имеет вид: $W_p(S) = K_1 + \frac{K_0}{S}$, а выходной сигнал $u(t)$ зависит и от ошибки регулирования $e(t)$ и от интеграла этой ошибки [2]:

$$u(t) = K_1 \cdot e(t) + K_0 \int_0^t e(t) dt$$

В программной реализации для оптимизации расчетов необходимо перейти к рекуррентной формуле. Рекуррентная формула ПИ-регулятора имеет следующий вид:

$$U(n) = U(n-1) + K_p (E(n) - E(n-1)) + K_i \cdot E(n) \quad (1)$$

Программная реализация алгоритма управления тепловым объектом

Siemens Simatic S7-400 - это мощный программируемый контроллер для построения систем управления средней и высокой степени сложности. Система автоматизации S7-400 имеет модульную конструкцию [3]. Для реализации алгоритма регулирования необходимы следующие модули:

- Блок питания Siemens Simatic S7-400;
- Программируемый логический контроллер Siemens Simatic S7-400;
- Коммуникационный процессор Siemens Simatic S7-400;
- Модуль ввода аналоговых сигналов Siemens Simatic S7-400;
- Модуль вывода дискретных сигналов Siemens Simatic S7-400.

Компания Siemens предоставляет среду разработки программ для микроконтроллеров – Simatic Step 7, которая поддерживает несколько языков программирования ПЛК. Для реализации алгоритма ПИ-регулятора был выбран язык Structured Text Language (STL), как наиболее эффективный и широко применяемый для программирования логических контроллеров.

Реализация управления температурой теплового объекта на основе формулы (1) в программной среде Simatic Step 7 представлена последовательным алгоритмом с использованием меркерной памяти.

Меркерная память – некоторая область памяти в микроконтроллере, хранящая значения переменных.

Алгоритмы управления тепловым объектом:

Вычитание $E(n) - E(n-1)$:

```
L "An"          PIW710
L MW 1000
-D
T "asd"         MW1002
NOP 0
```

Умножение $K_p (E(n) - E(n-1))$:

```
L "asd"         MW1002
L 1
*D
T "asd"         MW1002
NOP 0
```

Сумма $U(n-1) + K_p (E(n) - E(n-1))$:

```
L MW1000
L "asd"
+D
T "asd"
NOP 0
```

Присваивание текущего значения предыдущему.

```
L "asd"         MW1002
T MW 1006
NOP 0
```

Выше приведены примеры основных блоков алгоритма. Остальные блоки алгоритма регулирования выполнены аналогично представленным. В целом, весь алгоритм выполняется последовательно и представляет собой программную реализацию рекуррентной формулы ПИ-регулятора.

Заключение

В результате исследования был разработан алгоритм управления тепловым объектом на языке STL. Была доказана эффективность использования микроконтроллера Siemens S7-400 и программной среды Simatic Step7 для решения поставленной задачи.

Экспериментально было выявлено, что сигнал, поступающий на вход микроконтроллера, искажается помехами, вследствие особенностей соединения между микроконтроллером и тепловым объектом, тем самым вызывая большую погрешность измерений температуры и, как следствие, недостоверную работу ПИ-регулятора. Поэтому было предпринято использовать аperiодический фильтр последовательно с ПИ-регулятором для фильтрации сигнала, поступающего на вход микроконтроллера Siemens S7-400, тем самым обеспечивая более высокое качество регулирования теплового объекта.

Список литературы

1. Литюга А.В. Теоретические основы построения эффективных АСУ ТП. Тула, Челябинск, 2002.
2. АСУ ТП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kip-help.narod.ru> свободный – Загл. с экрана.
3. Долгих Д.Р. Программируемые логические контроллеры SIEMENS SIMATIC S7-400. Интерфейсы и обмен данными. НИ ТПУ, 2012.

РАЗРАБОТКА WEB-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВЫБОРА ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ НА ПРИМЕРЕ «1С: ПРЕДПРИЯТИЕ 8»

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

В настоящее время широко распространенной проблемой для человека (физического лица) или предприятия (юридического лица) является проблема выбора наилучшего объекта. Таким объектом может быть товар или услуга. При этом торговой площадкой может выступать как обычный магазин, так и Интернет-магазин.

Как правило, покупатель сравнивает характеристики рассматриваемых объектов с учетом своих потребностей (критериев), стремясь найти лучший объект. Однако в реальности редко встречается объект, превосходящий другие по всем критериям (характеристикам) [1]. Проблема усугубляется тем, что на торговых площадках нередко представлен огромный ассортимент товаров с множеством характеристик.

При решении проблем такого рода человек может совершать ошибки, упрощать процесс выбора, огрублять промежуточные результаты. Поэтому необходимы специальные системы, которые помогут формализовать критерии потребностей заказчика и предложить рекомендацию с учетом этих потребностей.

Такая система должна быть экспертной, так как при решении рассматриваемой задачи используются слабо формализованные знания специалистов-практиков, и логическая обработка информации преобладает над вычислительной.

В работе предлагается Web-ориентированная экспертная система (ЭС), предназначенная для выбора программных продуктов (ПП), как в обычном магазине, так и в Интернет-магазине.

Структура Web-ориентированной ЭС

Программные продукты характеризуются набором параметров (область применения, набор задач, для решения которых они предназначены и др.).

Покупатель характеризуется набором задач, которые он хочет решить с помощью выбираемого товара и ограничениями, накладываемыми им на процесс выбора (например, ценовые).

Алгоритм решения задачи можно представить следующими этапами [2]:

- 1) построение классификации предлагаемых программных продуктов;
- 2) выявление потребностей покупателя;
- 3) определение набора ПП с учетом выявленных потребностей;
- 4) выбор наилучшего ПП из набора.

Для реализации данного алгоритма разрабатывается Web-ориентированная экспертная система (рис. 1), которая представляет собой программный комплекс, включающий в себя как обычное клиентское приложение, исполняемое в операционной системе компьютера, так и Web-приложение, исполняемое в среде интернет-браузера.

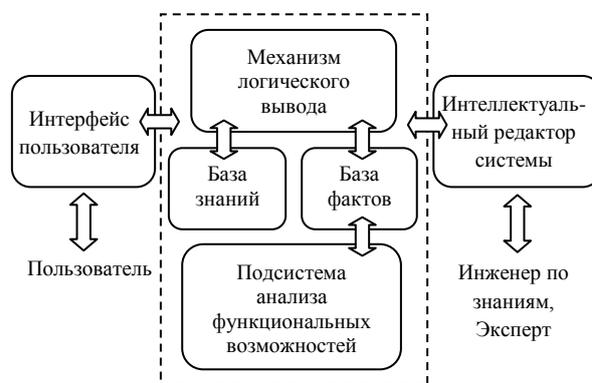


Рис. 1 – Структура Web-ориентированной ЭС

Первый режим приложения предназначен для использования менеджером (не всякий менеджер является экспертом) по требованию клиента, второй – для использования покупателем.

В основе экспертной системы лежит система продукционного типа и включает в себя три основных компонента: базу правил (знаний), базу фактов (рабочую память) и механизм логического вывода (МЛВ) [3].

Интеллектуальный редактор системы (рис. 1) предоставляет инженеру по знаниям возможность редактировать существующую базу знаний или создавать новую (на основе опыта эксперта).

Основные задачи, решаемые редактором:

- 1) формирование входных параметров на основе классификации;
- 2) настройка формы и содержания диалога, по результатам которого будет осуществляться выявление потребностей покупателя. Диалог может быть настроен с учетом различных типов пользователей;
- 3) формирование продукционных правил на основе классификации;
- 4) разработка наборов функциональных характеристик ПП по областям применения. Эти характеристики будут использованы на заключительном этапе для выбора наилучшего программного продукта;

5) заповненне і суправаджэнне базы ведаў з выкарыстаннем модуля набывання ведаў. В якасці крыніцы ведаў могуць выступаць апісанні праграмных прадуктаў у выглядзе тэкставых дакументаў згодна адной сістэме праграмнай дакументацыі (ГОСТ 19.402-78). На даным этапе таксама разлічваюцца інтэгральныя ацэнкі функцыянальнага наповнення па набору характэрыстык [4].

Інтэрфейс карыстача (рыс. 1) прызначаны для пакупатэля ці менеджэра. В абодвух выпадках на этапе вваду інфармацыі рэалізуецца дыялог карыстача з сістэмай у рэжыме «пытанне – адказ».

Пасрэдам інтэрфейса сістэмай рэшаюцца наступныя задачы:

- 1) вызначэнне тыпу карыстача;
- 2) фарміраванне спіска патрэбнасцей карыстача;
- 3) фарміраванне спіска функцыянальных характэрыстык жадаемага тавара.

Пасля таго, як вызначаны ўсе ввадныя параметры, сістэма выконвае наступныя задачы:

- 1) вызначэнне набору праграмных прадуктаў з выкарыстаннем класіфікацыйнага алгарытма МЛВ [3];

- 2) вызначэнне найлепшага варыянта з спіска прадставленых уваваду пакупатэля ПП. Осуществляется с помощью интегральной оценки функционального наполнения на основе системы нечеткого вывода с использованием шкалы Харрингтона [4].

Такім образом, структура прапанаванай сістэмы дазваляе выкарыстаць яе ў якасці універсальнай сістэмы для стварэння *Web*-аарыентаваных ЭС па выбару ПП.

Настройка сістэмы заключаецца ў рэшэнні задач інтэлектуальнага рэдактара сістэмы, прадставленых вышэй. Колькасць і складанасць наладок вызначаецца характэрам праблемы.

Web-аарыентаваная экспертная сістэма для выбару праграмных прадуктаў сістэмы «ІС:Прадпрыемства 8»

Прапануецца разгледзець задачу выбару тэх праграмных прадуктаў, дзе праблема выбару ў апошняе час становіцца актуальнай. Найбольш ярка гэтая праблема выражана сярод ПП сістэмы «ІС:Прадпрыемства 8».

Для рэшэння задачы неабходна падобраць праграмны прадукт сістэмы «ІС:Прадпрыемства 8», максімальна адпавядаючы патрабаванням прадпрыемства. Ніжэй прыведзены асаблівасці рэалізацыі:

- 1) на пачатковым этапе праводзіцца класіфікацыя ПП [3];
- 2) выбар ПП могуць осществляць розныя карыстачы (рукаводзіцелі, бухгалтэры, ІТ-спецыялісты);

3) разробка набору характэрыстык осществляецца ў рамках араслевай прыналежнасці (выда дзейнасці). Наборы састаюць з функцыянальных магчымасцей ПП [4];

4) ў якасці крыніцы ведаў могуць выступаць інфармацыйныя лісты фірмы «ІС» аб выпуску праграмных прадуктаў ў выглядзе тэкставых дакументаў [5].

На аснове прадставленай задачы разробан прататып ЭС, дазваляючы падобраць праграмны прадукт.

Заклученне

В рабоце прапанавана *Web*-аарыентаваная ЭС, якая прадставяе сабой інструмент для выбару праграмных прадуктаў.

В сістэме рэалізаван падыход, ў якім на розных этапах рэшэння задачы выкарыстаюцца падыходы аскусственага інтэлекта: онталогіі, прадукцыйныя і нечыткія сістэмы.

Прыведзены прыклад рэшэння задачы выбару ПП сістэмы «ІС:Прадпрыемства 8» і адзначаны адпавядаючыя асаблівасці рэалізацыі.

Літаратура:

1. Ларічэв О.І. *Web*-канструктар для пабудовы сістэм падтрымкі прыняцця рэшэнняў / О.І. Ларічэв, В.М. Афанасьева, Н.В. Чугунов // *Новасці аскусственага інтэлекта*. – 2003. – №4(58). – С. 20–24.
2. Ахаев А.В. *WEB*-аарыентаваная экспертная сістэма выбару праграмных прадуктаў // *Навука. Тэхналогіі. Інавацыі: матэрыялы Всерос. навуч. канф. студэнтаў, аспірантаў і моладых учыных: Новасібірск, 29 ноября- 2 декабря 2012 г.* – Новасібірск: Ізд-во НГТУ, 2012. – Ч.3. – С. 263–266.
3. Адуева Т.В. *Прадукцыйная сістэма выбару праграмных прадуктаў сістэмы «ІС:Прадпрыемства 8»* / Т.В. Адуева, А.В. Ахаев, И.А. Ходашинский // *Бізнес-інфарматыка*. – 2012. – № 1(19). – С. 55–61.
4. Ахаев А.В. *Оцэніванне функцыянальнага наповнення праграмных прадуктаў сістэмы «ІС:Прадпрыемства 8» на аснове нечыткага вваду з выкарыстаннем шкалы Харрингтона* // *Электронныя сродствы і сістэмы управалення: Матэрыялы дакладаў Міжнароднага навучна-практ. канф. (8–10 ноября 2012 г.)* – Томск: В-Спектр, 2012. – ч.1. – С.136-140.
5. Ахаев А.В. *Модуль набывання ведаў з «ІС»-інфопісем з выкарыстаннем онталогічнага падыхода* // *Современные техника и технологии: сборник трудов XVIII Международного науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. (9–13 апреля 2012 г.)* – Томск: Ізд-во ТПУ, 2012. – Т.2. – С. 267-268.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТОЯНИЯ ДО ПРЕПЯТСТВИЯ С ПОМОЩЬЮ ИНФРАКРАСНОГО ДАТЧИКА УЧЕБНОЙ СИСТЕМЫ ROBOTINO

Баби́насова А.Н., Шпа́кова А.М., Ю́дина О.П.

Научный руководитель: Михайлов В.В., доцент, к.т.н

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: altinsay@mail.ru

В настоящее время в мире интенсивно расширяются области исследований и использования мобильных роботов - мехатронных систем, базирующихся на последних достижениях механики, микропроцессорной техники, контрольно-измерительных систем, информатики и теории управления.

Для успешного выполнения обширного круга задач роботы должны обладать как мобильностью, так и способностью планировать и автоматически выполнять полученное задание. Их особенность - возможность достижения заданной цели в неопределенной внешней среде, избегая столкновений со стационарными препятствиями и подвижными объектами.

Мобильные роботы снабжены различными локационными датчиками, определяющие скорость движения и наличие препятствий на его пути, а также позволяющими роботам реагировать на посторонние предметы, случайно оказавшиеся в зоне действия.

Учебная система Robotino позволяет познакомиться с многогранной областью мобильной робототехники. Особенный интерес учебная система Robotino вызывает потому, что покрывает весь диапазон современной техники.

Robotino позволяет приобрести необходимые навыки и умения через практические эксперименты.

Robotino View это интерактивная визуальная программно учебная среда для робота, которая соединяется с помощью Wireless LAN прямо с системой управления робота. Поэтому, чтобы управлять Robotino, необходим только персональный компьютер, который может установить связь с WLAN (рис.1).

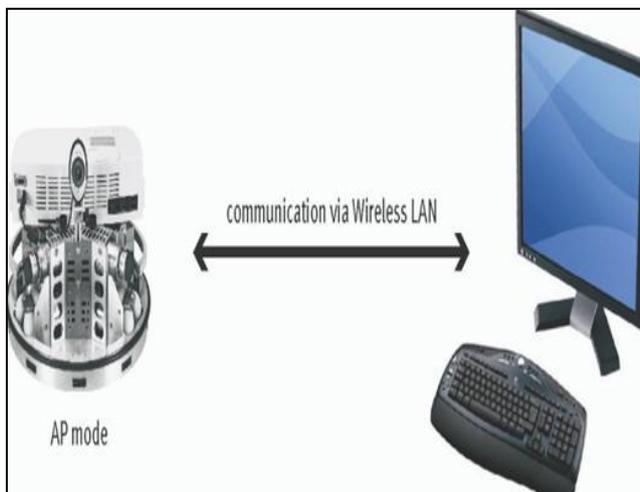


Рис.1. Соединение Robotino с компьютером

После установления связи, Robotino будет являться точкой доступа для компьютера. Каждый Robotino должен иметь одинаковый IP-адрес, так как каждый формирует свою собственную сеть.

В ходе выполнения работы важными составляющими являются 9 инфракрасных датчиков, расположенных по бокам бампера и датчик защиты от столкновений.

Инфракрасный датчик расстояния состоит из эмиттера, который излучает луч инфракрасного света, соответствующего приёмника и электронного вычислительного (оценочного) блока (рис.2).



Рис.2. Инфракрасный датчик расстояния

Расстояние до объекта сенсоры определяют при помощи триангуляции (рис.3).

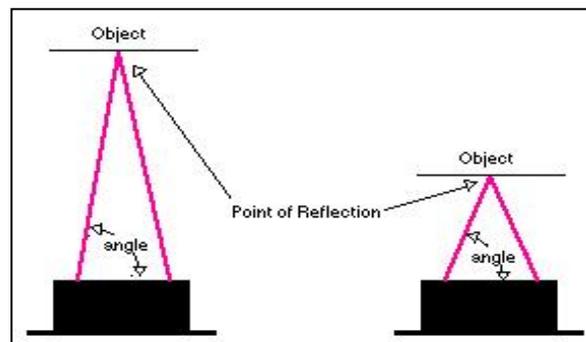


Рис.3. Триангуляционный метод измерения

Излучатель испускает инфракрасный луч. Если этот луч не попадает на предмет, он не отражается и поэтому приёмник не принимает луч света. Однако, если свет отражается от предмета, луч света обнаруживается в пределах некоторой области приёмника. Так как передатчик излучения и фотоприёмник расположены на малом расстоянии друг от друга в пределах датчика, испускаемые и принимаемые лучи света формируют треугольник.

В зависимости от расстояния луч света попадает на различные участки приёмника. Приёмник состоит из светочувствительного детектора (PSD), который определяет различные точки падения луча. Блок обработки сигналов преобразует их в аналоговую величину напряжения.

PSD представляет собой фотодиод пластинчатой формы. Он состоит из металлического и светочувствительного слоёв. На краях этих слоёв расположены металлические электроды. Если луч света попадает в точку на этом светочувствительном слое, это раздвигает носители заряда, которые порождают электрический ток по направлению к двум электродам. Неосвещённая часть слоя действует как сопротивление. Зависимость между токами не зависит от количества падающего света; поэтому измерение расстояния не зависит от коэффициента отражения и материала объекта (рис.4) [3].

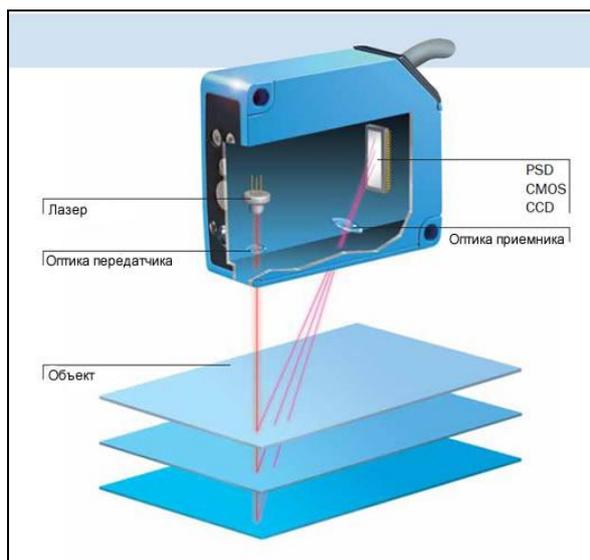


Рис.4. Определение расстояния до объекта

Для избавления от возможных помех, сенсоры излучают инфракрасный сигнал с модулированной частотой. Это позволяет практически полностью застраховаться от помех от окружающего света. Кроме того, датчики показывают почти полное безразличие к цвету объекта обнаружения (датчик способен обнаруживать чёрные стены при солнечном свете [2].

В большинстве случаев излучатель, приёмник и блок обработки сигналов объединены в одно устройство.

Примеры типичных областей применения инфракрасных датчиков: системы управления расстоянием при парковке на автомобилях, открывание дверей или в системах аварийной сигнализации.

Датчик защиты от столкновений Robotino состоит из так называемой чувствительной кромки. Эта чувствительная кромка состоит из полимерного профиля переменной формы с интегрированной коммутационной полостью. Две отдельных проводящих области расположены в пределах полости, которые накоротко смыкаются при воздействии давления на чувствительную кромку, таким образом, генерируя сигнал для блока оценки. Чувствительная кромка на Robotino работает в соответствии с принципом тока в рабочей точке так,

что разрыв кабеля может быть обнаружен и Robotino остановится.

Буфер, доступный в программе Robotino View в Robotino находится в папке аппаратных средств и не нуждается в параметризации. Он вырабатывает один сигнал после соприкосновения и используется главным образом для остановки Robotino в случае столкновения. Для этой цели он подсоединён к выходу папки Sequence Control (Контроль последовательности). Тогда в случае столкновения программная последовательность прерывается.

Чувствительные грани в основном используются в безопасной технологии, чтобы обезопасить людей или исключить ущерб наносимый машинам или материалам в результате раздавливания или разреза (рис. 5).

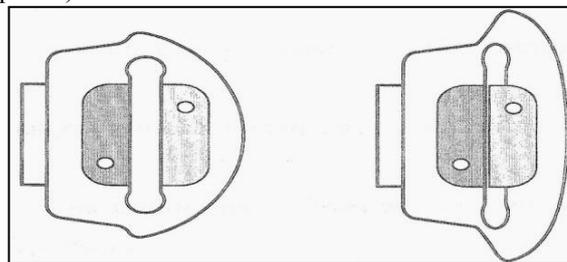


Рис.5. Чувствительные поверхности

Интерактивная визуальная программно учебная среда для робота Robotino View с помощью блок-схем функции «дистанция», позволяет управлять данными датчиками, дает возможность определять расстояние от препятствия и останавливаться при столкновении (рис. 6) [1].



Рис.6. Блок-схема функции «дистанция»

В итоге робот совершает перемещение по поверхности, определяя объекты на своем пути и останавливаясь на заданном расстоянии от него. В случае сбоя работы или программы робота, сработает датчик защиты и позволит безопасно завершить его дальнейшее перемещение при незначительном столкновении, которое не приведет к поломке робота.

Список литературы:

1. Bliesener, Weber, Karras, Kling, Zitzmann. Festo. Robotino®.- Denckendorf, 2007
2. Датчик измерения расстояния [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://robocraft.ru/> (дата обращения 22.02.2013)
3. Триангуляционный метод измерения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.sensorica.ru> (дата обращения 22.02.2013).

СИСТЕМА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ УТЕЧЕК ДАННЫХ ИЗ КОРПОРАТИВНОЙ СУБД

Баночкин П. И.

Научный руководитель: Цапко С.Г., д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: pavel805@gmail.com

В статье рассмотрены известные подходы к созданию систем предотвращения утечек данных. Предложен способ создания данного типа систем с использованием промежуточного ODBC-драйвера. Описана архитектура системы предотвращения утечек данных из СУБД.

Введение

Количество подтвержденных случаев хищения ценной корпоративной информации увеличивается ежегодно [1]. Наиболее трудно выявляемыми являются случаи распространения корпоративных данных, совершенных непосредственно сотрудниками предприятия. Несмотря на небольшой процент в общей статистике случаев утечки корпоративных данных, данные случаи являются наиболее трудно выявляемыми и скрываемыми в официальной статистике [2]. Сложность выявления подобных происшествий обусловлена в том числе и тем, что некоторые сотрудники при увольнении забирают часть ценной корпоративной информации с собой[3].

Корпоративная база данных является одним из основных хранилищ ценной информации, объем которой постоянно увеличивается. Согласно отчету компании Verizon количество утечек данных с серверов БД составляет 6% от всех случаев и 96% по количеству информации.[3].

Существующие средства защиты СУБД используют два основных подхода:

- Анализ данных, выбираемых из СУБД в режиме реального времени. Данный подход может быть реализован посредством наблюдения за памятью процесса СУБД.
- Анализ лог-файлов, которые генерируются встроенными возможностями аудита СУБД. При данном подходе происходит периодическая проверка полученных лог-файлов на соответствие каким-либо критериям. Основным недостатком подобных решений является задержка реакции защиты в случае утечки данных.

Описание решения проблемы

При выполнении своих повседневных обязанностей сотрудник компании пользуется различными источниками данных. Он формирует отчеты, просматривает таблицы, создает новые записи. В случае целенаправленной выгрузки данных из корпоративной БД поведение пользователя меняется. Могут изменяться такие параметры, как частота обращения к определенным источникам

данных, общая частота обращения, выборка данных только определенной категории. Создаваемое решение способно анализировать поведение пользователя и включает следующие компоненты (рис. 1):

- Обработчик статистических данных (компонент «Обработчик статистики») о выполненных SQL-запросах. Хранит статистические данные о выполненных ранее запросах к СУБД и определяет безопасность SQL-запроса.
- ODBC-прокси, представляющий из себя ODBC-драйвер промежуточного уровня. Основные ответственности промежуточного ODBC-прокси:
 - Перенаправление вызовов на оригинальный ODBC-драйвер, указанный в конфигурации.
 - Отправка SQL-запроса и его результата компоненту «Обработчик статистики»
 - Запрет выполнения запроса в случае выявления факта отклонений

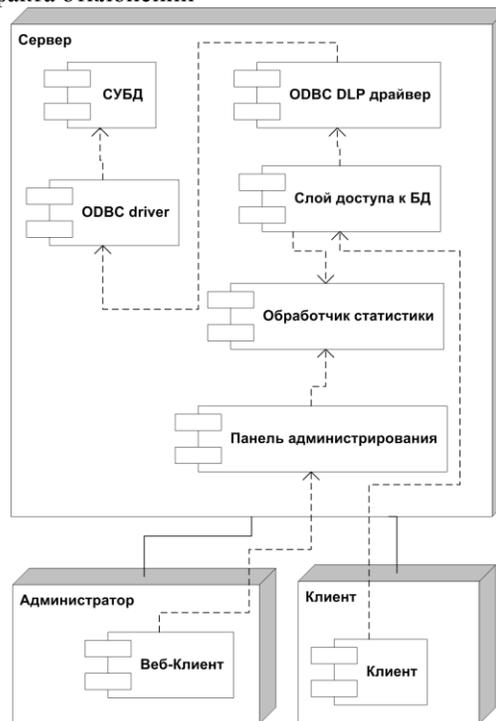


Рис. 1– Диаграмма развертывания программной системы

Использование ODBC-прокси обусловлено тем, что интерфейс ODBC хорошо документирован и поддерживается многими СУБД. В рассматриваемой

архитектуре существуют два основных хранилища: хранилище статистики обращения к СУБД и хранилище поведенческих профилей (рис. 2).



Рис. 2 – Диаграмма потоков данных

Обработчик статистики принимает данные от ODBC-прокси. При выполнении запроса ODBC-прокси обращается к обработчику статистики для получения разрешения на выполнение SQL-запроса. Процесс обработки статистики включает вычисление метрик поведения пользователя, среди которых могут быть следующие:

- Соотношение типов запросов.
- Общее количество выгруженных данных за определенный промежуток времени
- Структура SQL-запроса, оцениваемая по количеству таблиц, участвующих в запросе
- Ширина кортежа.

Обработчик статистики реализован в виде JAVA-приложения, предоставляющего веб-сервисы. Используется документно-ориентированная СУБД MongoDB.

Из статистических данных по прошествии некоторого промежутка времени формируется профиль отдельного пользователя СУБД или группы пользователей. Профиль пользователя или группы пользователей представляет из себя вычисленную математическую модель поведения на основании данных статистики выполнения предыдущих запросов. Результат запроса отправляется обработчику статистики асинхронно, чтобы не замедлять работу клиента СУБД (рис. 3).



Рис. 3 – Взаимодействие объектов

При работе с предлагаемой программной системой любое приложение, выполняющее обращение к СУБД, должно подключаться через ODBC-прокси. Система имеет два режима функционирования: режим обучения и активный режим. В режиме обучения происходит накопление статистики, формирование профилей. В активном режиме система может прерывать подозрительные SQL-запросы или только отправлять уведомления администратору БД.

Заключение

Рассмотренная архитектура имеет ряд отличий, которые делают ее востребованной на рынке DLP-систем:

- Ориентированность на предотвращение утечек данных со стороны сотрудников предприятия.
- Простая интеграция и централизованное управление в существующей IT-инфраструктуре предприятия. Отсутствие необходимости использовать специальные аппаратные компоненты.
- Доступность не только для больших предприятий, но и для среднего бизнеса. Низкие затраты на интеграцию и сопровождение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Data Loss Statistics // Data Loss DB. URL: <http://datalossdb.org/statistics> (Дата обращения: 7.12.2012)
- Data breach investigations report 2012 // Verizon Enterprise Solutions Worldwide Site. URL: http://www.verizonbusiness.com/resources/reports/rp_data-breach-investigations-report-2012_en_xg.pdf (Дата обращения: 7.12.2012)
- Data Leakage Worldwide: The Insider Threat and the Cost of Data Loss // Cisco. URL: http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns170/ns896/ns895/Cisco_STL_Data_Leakage_2008.pdf (Дата обращения: 7.12.2012)

БЕЗУДАРНОЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ РЕЖИМОВ ИЗ РУЧНОГО НА АВТОМАТИЧЕСКИЙ НА ПРИМЕРЕ САР УРОВНЯ ПАРОВОГО КОТЛА

Батяшов С.В., Громаков Е.И.

Научный руководитель: Громаков Е.И., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: batiashovsv@gmail.com

Для успешного применения автоматических регуляторов в практических задачах, помимо непосредственно реализации закона регулирования, необходимо также снабдить регулятор набором вспомогательных функций, одной из которых является режим ручного управления [1-3].

Ручное управление дополняет автоматический режим работы регулятора. В автоматическом режиме контур регулирования замкнут, регулирующее воздействие вычисляется по заданному алгоритму и выдается на исполнительный механизм. При ручном управлении контур регулирования разомкнут, и регулирующее воздействие задается человеком-оператором (рис. 1).

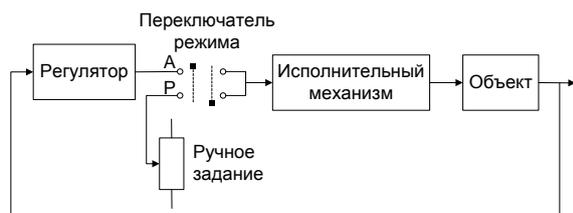


Рис. 1. Выбор режима работы

При эксплуатации систем автоматического регулирования (САР) возникают ситуации, когда ручное управление становится предпочтительнее автоматического. В этом случае значение выхода регулятора задается оператором вручную и «перекрывает» действие, рассчитанное регулятором [1]. Переключение между режимами может применяться при пуске оборудования и выводе его на определенный режим работы. В ручном режиме контур управления становится разомкнутым, вследствие чего появляется возможность достичь более высокого быстродействия процесса для выхода на заданный режим работы. Регулятор во время ручного управления не воздействует на процесс, однако продолжает непрерывно рассчитывать управляющее воздействие по своему алгоритму. Выходы блоков ручного и автоматического управления могут не совпадать в момент переключения режима с ручного на автоматический. Такое расхождение приводит к нежелательным выбросам регулируемой величины, что негативно сказывается на ресурсе исполнительных механизмов и может привести к

«ударам». Поэтому возникает задача плавного, «безударного» переключения режимов работы [2].

Описание САУ

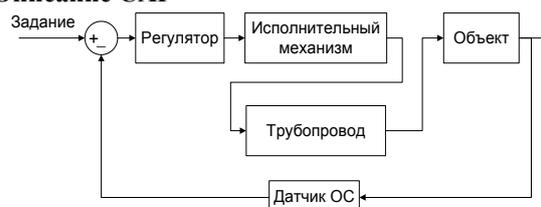


Рис. 2. Структурная схема САУ

Объектом управления САУ (рис.2) является барабан парового котла, регулируемая переменная – уровень в барабане. Основными факторами, влияющими на величину уровня в барабане котла являются расход пара и расход воды. Барабан котла с позиции теории управления можно рассматривать как сумму интегрирующего и инерционного звена при воздействии сигнала расхода пара. Аналогичное представление используется и для передаточной функции по расходу питательной воды.

САУ с приводом постоянной скорости

Для решения задач регулирования в паровых котлах часто используют ПИ-закон управления. Для системы с приводом постоянной скорости необходимо учитывать следующий нюанс - привод обладает интегрирующим свойством. Это значит, что в самом регуляторе должен реализоваться ПД-закон управления. После прохождения сигнала регулятора через исполнительное устройство за счет интегрирования получится ПИ-сигнал, который и будет воздействовать на объект управления.

Целью ручного управления является выход на заданный уровень воды в барабане в соответствии с заданным критерием. Оператор в момент пуска системы задает ручной режим и осуществляет прямое управление процессом. В ручном режиме величину сигнала управления можно задавать большей, чем он был бы рассчитан автоматическим регулятором. Следовательно, можно, например, быстрее вывести контролируемый параметр на необходимый уровень и затем переключить регулятор в автоматический режим для дальнейшего поддержания величины в заданных пределах.

Однако при переключении часто возникает проблема плавного перехода по скорости из одного режима в другой (рис. 3). Так как регулятор во время нахождения системы в режиме ручного управления продолжает непрерывно рассчитывать управляющее воздействие по алгоритму и в общем случае его выход может не совпадать с заданным вручную значением, то в момент переключения произойдет резкий скачок. Устранить данный скачок для системы с ПД-регулятором путем пересчета коэффициентов регулятора не представляется возможным, т.к. отсутствует накопление разницы между ручным заданием и автоматическим регулированием.

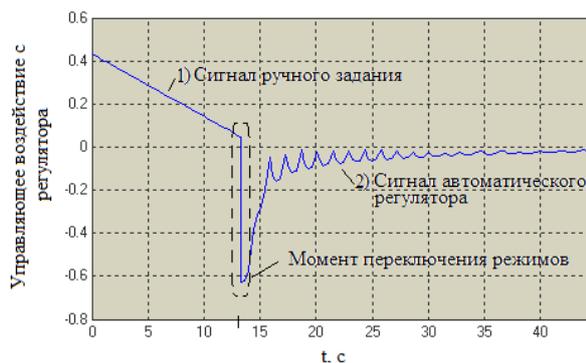


Рис. 3. Скачок при переключении

На примере системы с приводом постоянной скорости и ПД-регулятором можно лишь минимизировать в некоторой мере скачок при переходе между режимами.

САР с управляемым по положению приводом

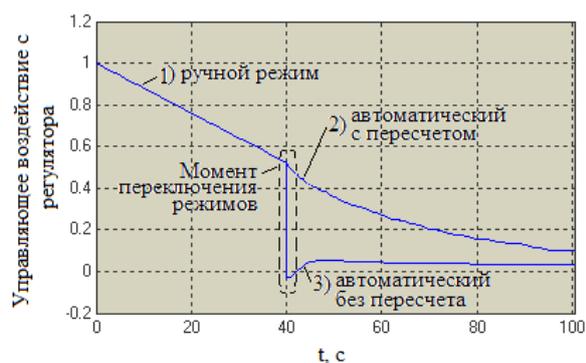


Рис. 4. Безударное переключение

Для реализации «безударного» алгоритма управления предлагается использовать каскадную схему регулирования. В этом случае внутренний каскад с приводом постоянной скорости целесообразно управлять ПД-регулятором, а внешний ПИ-регулятором. Такая конфигурация сохраняет возможность перевода в ручной режим управления в заданное значение регулируемый параметр с минимальным временем позиционной «перекладки» исполнительного органа.

При использовании ПИ-алгоритма можно устранить нежелательный скачок в сигнале выхода регулятора при переключении режимов управления [3]. Устранение скачка достигается путем пересчета интегральной составляющей в соответствии с алгоритмом, показанном на рис. 5.

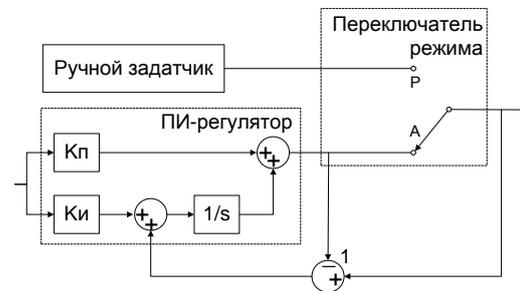


Рис. 5. Пересчет И-составляющей

Так как ПИ-регулятор рассчитывает воздействие в течение всего периода ручного управления, то интегратор «накапливает» разницу между значением, рассчитанным автоматически и заданным вручную. Используя это накопленное значение для коррекции режимной разницы сигнала управления приводом, можно достичь плавного переключения режимов. Эффект от такой модификации регулятора можно наглядно видеть на рис. 4.

Вывод

При использовании в САР привода постоянной скорости, из-за его интегрирующих свойств, для регулирования уровня воды в барабане парового котла нужно использовать ПД-алгоритм управления. Такой алгоритм не позволяет устранить скачок на выходе регулятора при переключении режимов, так как его составляющие в динамике не накапливают разницу между ручным заданием и значением, рассчитанным автоматически. Для решения задачи плавного переключения следует использовать каскадное управление уровнем воды в барабане. В этом случае безударный режим переключения достигается за счет пересчета в динамике интегральной составляющей регулятора.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Practical PID Controller Features - <http://iamechatronics.com/notes/78-lessons-in-instrumentation/453-practical-pid-controller-features>
2. ПИД-регуляторы. Безударное переключение - http://www.bookasutp.ru/Chapter5_4_3.aspx
3. Astrom, K.J. and T.Hagglund. Advanced PID control. □ ISA The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2006.

РЕКУРРЕНТНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ

Бауэр А.В.

Научный руководитель Стоянов А.К., к.т.н., с.н.с

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30

E-mail: anton.bauer@inbox.ru

В настоящий момент быстро увеличивается количество данных, которые нуждаются в структуризации. В ситуациях, когда знание о законах разбиения данных отсутствует, используют кластеризацию. Так как список областей, в которых решение задачи кластеризации является ключевым этапом, постоянно растет, то разработано множество алгоритмов кластеризации: метод k-средних, карты Кохонена и другие.

Каждый из перечисленных методов имеет свои достоинства и недостатки.

	Достоинства	Недостатки
Метод k-средних	Простота реализации	<ul style="list-style-type: none"> • Необходимость заранее знать количество кластеров • Алгоритм очень чувствителен к выбору начальных центров кластеров
Карты Кохонена	<ul style="list-style-type: none"> • Устойчивость к зашумленным данным • Быстрое обучение • Возможность визуального анализа многомерных данных 	<ul style="list-style-type: none"> • Результат зависит от первоначальной инициализации и последовательности выбора объекта из обучающей выборки • Необходимо знать число кластеров • Близкие объекты одного пространства могут переходить в далекие точки на карте и наоборот

Целью данной работы является создание сети, обеспечивающей независимость результата кластеризации от последовательности выбора объектов; а также отсутствие необходимости заранее знать количество кластеров.

Для достижения поставленной цели было решено использовать рекуррентную нейронную сеть, описанную в [1]. Такая сеть представляет собой двухслойную бинарную нейронную сеть, в которой нейроны первого слоя охвачены локальной обратной связью. Число нейронов входного слоя равно числу значимых признаков рассматриваемого объекта.

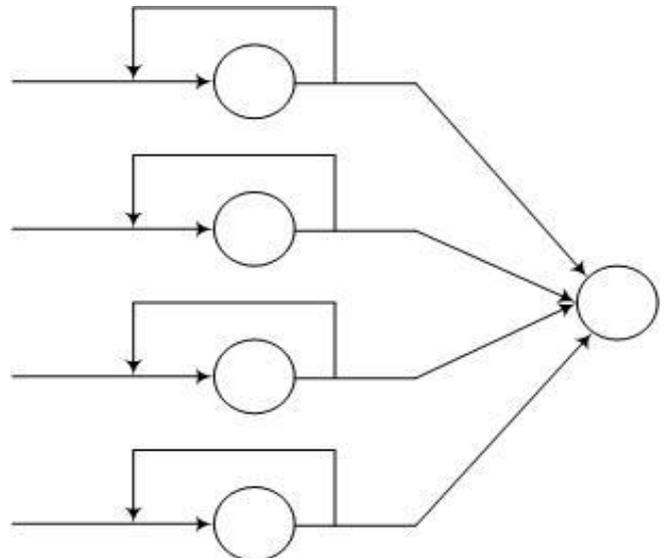


Рис. 1. Архитектура нейронной сети

Сеть [1] моделируется одномерными отображениями входного значения признака на активационной функции нейрона. Количество кластеров в такой сети устанавливается автоматически за счёт достижения близкими данными в процессе отображения одной и той же одной устойчивой точки за одинаковое количество итераций. Результат не зависит от порядка предъявления объектов. Недостатком сети является ограничение входного диапазона данных. Данные должны располагаться между неустойчивой и устойчивой точками отображения. Это ограничивает возможности сети.

Предлагаемая в настоящей работе модификация параметров сети позволяет снять это ограничение и расширить диапазон входных значений.

На рис. 2 представлена диаграмма Ламерея, поясняющая суть модификации. В основе кластеризации лежит тот факт, что близкие значения сходятся к одной устойчивой точке за одно и то же количество итераций. Если значение признака меньше неустойчивой точки, то после n итераций примет значение, соответствующее с заданной точностью нижней устойчивой точке. Если значение признака больше, то оно сходится к верхней устойчивой точке.

Таким образом, выходом нейрона первого слоя является значение либо, в зависимости от того, к какой из устойчивых точек сошлись итерации. Этот факт и используется для кластеризации.

Нейрон выходного слоя осуществляет суммирование поступающих на него значений от всех нейронов входного слоя. Эта сумма является критерием, по которому объект относится к одному из кластеров.

Предположим, что на вход сети поступают значения 2-х признаков. Пусть устойчивые точки отображений первого нейрона имеют значения x_1 , x_2 ; второго нейрона - x_3 , x_4 . Тогда на выходе нейронной сети возможны следующие комбинации сумм: $x_1 + x_2$; $x_1 + x_3$; $x_1 + x_4$; $x_2 + x_3$; $x_2 + x_4$; $x_3 + x_4$.

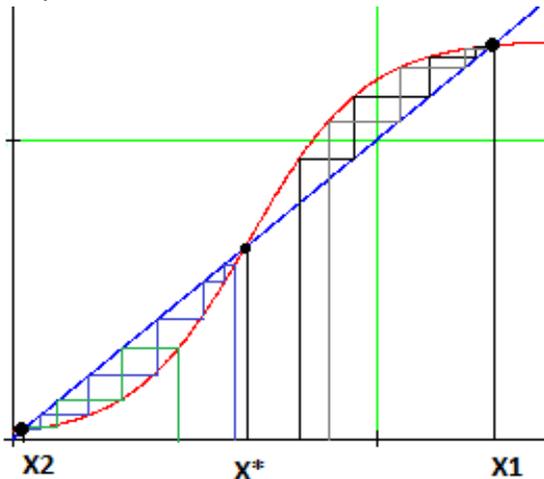


Рис. 2. Принцип кластеризации.

Следовательно, на выходе нейронной сети возможно выделить 4 различных значения, которые будут указывать на отношение данного объекта к некоторому кластеру. Для выделения большего количества кластеров следует использовать большее количество признаков.

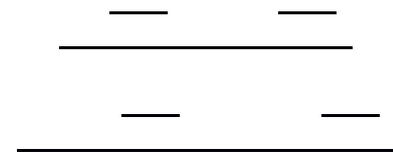
В ходе работы над приложением были решены следующие задачи:

- **Выбор информативных признаков.** Признаки делятся на две группы по величине коэффициента вариации. Коэффициенты вариации признаков первой группы более чем в два раза больше коэффициентов вариации второй группы. В качестве информативных признаков выбираются признаки первой группы.
- **Расчет параметров нейрона.** Активационная функция нейрона имеет вид: $f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$.

Параметры рассчитываются по следующим формулам:

Литература

1. Стоянов А.К. Применение рекуррентной нейронной сети для решения задачи кластеризации / А.К. Стоянов // Известия Томского политехнического университета. — 2009. — Т. 315. — № 5. — С. 144–149



где x_{min} – минимальное значение признака, x_{max} – максимальное значение признака.

Значение параметра α выбирается таким, при котором первая производная энтропии максимальна[1].

- **Реализация нейронной сети на языке программирования.** Для программной реализации рассмотренной сети была выбрана технология .Net (язык C#), которая предоставляет возможности повторного использования кода, управления ресурсами, многоязыковой разработки, безопасности, развертывания и администрирования. Созданная программа состоит из нескольких классов, которые описывают элементы нейронной сети, а также правила расчета отображений и параметров нейронов.

В качестве тестовой выборки для проверки эффективности кластеризации рассмотренной выше сетью использовались классические данные по ирисам Фишера. Они включают в себя сведения о 150 экземплярах трёх видов ирисов, по 50 экземпляров для каждого вида. Каждый экземпляр характеризуется четырьмя параметрами, на основании значений которых требуется построить правило классификации, определяющее вид растения.

Результаты кластеризации данных программной реализацией сети можно представить следующей матрицей рассеяния.

	Класс 1	Класс 2	Класс 3
Кластер 1	50	0	0
Кластер 2	0	1	45
Кластер 3	0	49	5

Таблица 1. Матрица рассеяния.

Видно, что предложенная нейронная сеть выделила в исходной выборке три кластера, соответствующие классам, действительно присутствующим в исходных данных. Ошибка выделения 2-го и 3-го кластера составляет 2% и 10% соответственно, для первого кластера она нулевая.

СПОСОБ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ ИНТЕРНЕТ-АУКЦИОНА С ОПТИМИЗАЦИЕЙ ПРОЦЕССОВ, ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ПИКОВУЮ НАГРУЗКУ

Д.Н. Бережной

Научный руководитель: Саврасов Ф.В., старший преподаватель
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
DmB991@gmail.ru

Интернет-аукционы и электронные торговые площадки – это прибыльный и быстро растущий бизнес. Успех eBay [1], PandaWill [2], Amazon.com [3] убедительно доказывает, что такие компании очень привлекательны для венчурных инвесторов и способны генерировать реальную прибыль для своих владельцев. Несмотря на наличие мощных глобальных аукционов, каждый год в этой сфере появляются новые стартапы, приносящие миллионную прибыль своим владельцам.

В последнее время появилось множество интернет-магазинов, предлагающих различные товары. Их можно разделить на общие типы:

- скандинавские аукционы;
- аукционы со скрытой ценой;
- аукционы уникальной ставки или уникальной цены;
- голландские аукционы;
- классические аукционные и торговые площадки, работающие по аналогии с eBay;
- оптовые аукционы и электронные биржи.

Скандинавскими называют аукционы, где торги идут на повышение цены. Участие в торгах платное – за каждую ставку нужно заплатить. Каждая ставка увеличивает время аукциона.

На аукционах со скрытой ценой известна лишь стартовая цена лота. Текущая цена скрыта. Чтобы посмотреть текущую цену лота, покупатель платит за просмотр, и каждый просмотр уменьшает стоимость лота.

Голландские аукционы – торги идут на понижение цены. Цена падает в режиме реального времени. Победитель останавливает аукцион на какой-то цене, за которую он покупает товар.

При проведении торгов по схеме классического аукциона торги идут на повышение цены. Назначается минимальная стартовая цена, блиц-цена, а также время старта и окончания аукциона [4].

При создании таких интернет-магазинов выбор вариантов, составляющих основу, достаточно широк: от готовых CMS (систем управления сайтом) до самописных скриптов, позволяющих более тщательно оптимизировать скорость обработки критических мест при обмене информации через интернет.

Рассмотрим сначала CMS как основу будущего интернет магазина. В данном случае мы получаем набор исходных кодов блоков, связанных между собой, и подходящих для решения большого круга задач. Существует два вида CMS: проприетарные

и свободно распространяемые.

Проприетарные имеют существенные плюсы, такие как постоянная поддержка со стороны разработчиков, более существенная оптимизация основных функций интернет-магазина, однако имеют также существенный недостаток – как правило, значительную цену.



CMS Magento



Java



C++, Perl

Рис. 1. Системы и языки, на которых написаны известные интернет аукционы.

Главным достоинством бесплатных CMS, в свою очередь, является отсутствие необходимости платить за данную систему, однако настраивать и разбираться в ней придётся самостоятельно. Также немаловажным фактором является полная открытость исходных кодов, что позволяет проще найти уязвимости и взломать такие системы.

Наиболее часто встречаются CMS, написанные полностью на PHP, за исключением некоторых платных, весьма дорогих систем, в которых это заявлено, но на практике убедиться в этом не предоставляется возможным.

Исходя из вышеизложенного, предлагается:

- взять за основу бесплатную CMS;
- оптимизировать в ней такие модули как обработка принятия заказа, установка ставки на товар, управление пользователями при пиковых нагрузках;
- также переписать на компилируемый язык параллельную обработку запросов пользователей.

В результате получается некий аналог платной системы, но более дешёвый и не уступающий по качеству. Повысится безопасность, поскольку исходные коды самых уязвимых мест, осуществляющих функционирование интернет-магазина в моменты пиковой нагрузки, будут в бинарном виде, соответственно исходный код невозможно будет предварительно проанализировать злоумышленникам. Также при этом получится существенный прирост в производительности в моменты наибольшего количества обращений к серверу.

Достигнуть этого можно за счет того, что в компилируемом языке не будет динамической типизации, которая занимает значительное количество (иногда – неоправданно) ресурсов. Одновременно с этим компилируемая программа будет работать быстрее интерпретируемой. Это дает также существенную экономию на количестве мощностей для поддержания системы в работоспособном состоянии.

Для решения задачи была выбрана open-source CMS WeBid [5], плюсами которой по сравнению с другими аналогичными системами являются многофункциональность и полная бесплатность, т.е. возможность использовать код системы и менять его. Данная CMS написана полностью на интерпретируемом языке PHP, проста в использовании. Схема функционирования данной CMS после оптимизации её высоконагруженных участков представлена на рис. 2.

Основные моменты, которые предполагается оптимизировать за счёт использования системных библиотек, написанных на высокоуровневом компилируемом языке программирования:

- оптимизация и ускорение работы с базой;
- постоянное слежение за действиями пользователей, проверка подлинности данных пользователей;
- проверка быстрогодействия на лету и принятие решений о допуске новых пользователей и решении о продолжении работы с текущими пользователями;
- управление и мониторинг состояния и производительности системы.

В итоге прирост в быстродействии системы составит примерно 45 %, прирост показателя

помехоустойчивости по предварительным оценкам составит около 20 %.

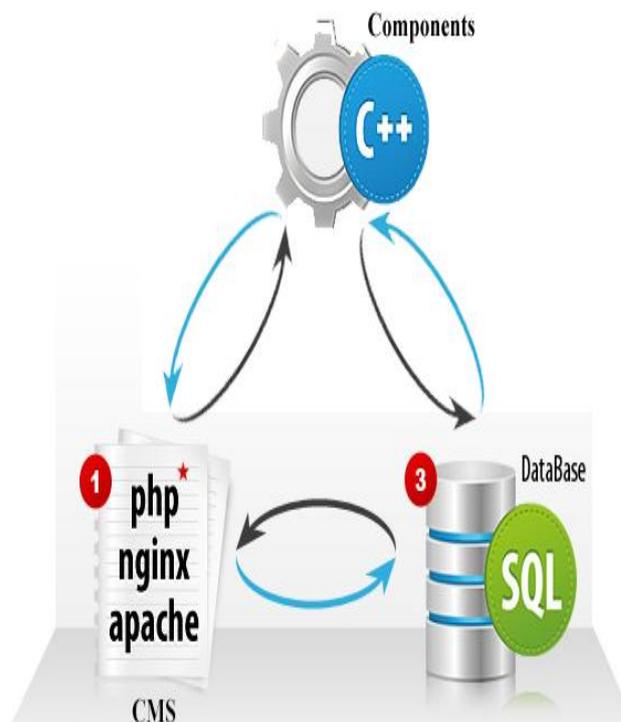


Рис. 2. Предлагаемая схема функционирования интернет-магазина.

Список использованных источников:

1. Онлайн аукцион eBay [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.eBay.com/>, свободный (дата обращения: 19.01.2012).
2. Онлайн аукцион PandaWill [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pandawill.com/>, свободный (дата обращения: 19.01.2012).
3. Онлайн аукцион Amazon [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.amazon.com/>, свободный (дата обращения: 19.01.2012).
4. Описание аукционов. Создание интернет аукциона. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.merkeleon.ru/auction-description/>, свободный (дата обращения: 19.01.2012).
5. Система управления содержимым WeBid. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.webidsupport.com>, свободный (дата обращения: 19.01.2012).

МОНИТОРИНГ И АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ IPTV

Березовский В.Е.

Научный руководитель: Марчуков А.В., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: vberezovsky@inbox.ru

Введение

С каждым годом, по мере увеличения скоростей сетей, приложения в области интернет-телевиденья IPTV становятся все более востребованными, доступными, все более сложными, больше и больше приближаясь по бизнес-логике, и по возможностям пользовательского интерфейса к Web и desktop приложениям. Была поставлена задача мониторинга и сбора информации с каждого клиента, использующего IPTV услуги и передачи этой информации на центральный компьютер для ее анализа.

Описание системы

Термин «IPTV» объединяет мультимедийные и интерактивные услуги, которые могут быть доставлены по IP-протоколу через сеть Оператора связи на телевизор (ТВ-приемник) абонента с использованием специализированного абонентского устройства – STB (Set Top Box) для оператора с проводной инфраструктурой или на мобильный терминал абонента для операторов сотовой связи. Услуги «IPTV» обладают свойствами, такими как массовость, простота восприятия, делающих их очень привлекательными для внедрения:

- услуги предоставляются абонентам через домашний телевизор с использованием STB или мобильный терминал, работающий в сетях 3G или 4G;
- телевизор, как и мобильный терминал, привычен и интуитивно понятен пользователям, при этом для пользования услугами не требуется устанавливать программное обеспечение или проходить обучение;
- услуги «IPTV» легко масштабируемы и за счет централизованного управления услугами, любая новая запущенная услуга автоматически может быть доступной всем абонентам.

Очень важно рассчитать на какую целевую аудиторию будет рассчитана та или иная новая услуга. «IPTV» может быть универсальной услугой и, за счет предоставления различного по тематике контента, быть интересной различным целевым аудиториям:

- бизнес ориентированные пользователи с интересом будут потреблять новостные и

информационные каналы, бизнес информацию на Интернет сайтах;

- домохозяйки будут заинтересованы в сериалах и доступе к фильмотеке с мелодрамами;
- молодежь проявит интерес к интерактивным и развлекательным услугам (общение через форумы, чаты / ведение блогов / просмотр музыкальных каналов) и т.д.

Главным достоинством IPTV является интерактивность видеослужб и наличие широкого набора дополнительных сервисов (Video on Demand (VoD), TVoIP, Time Shifted TV, Network Personal Video Recorder, Electronic Program Guide, Near Video on Demand). Возможности протокола IP позволяют предоставлять не только видеослужбы, но и гораздо более широкий пакет услуг, в том числе интерактивных и интегрированных.

В IPTV есть возможность использовать для одного видеоряда двух и более каналов звукового сопровождения, например на русском и английском языках, сами каналы, при этом, полифонические.

- просмотр выбранной передачи в любое удобное время;
- заказ определенных программ и выбор времени просмотра;
- возможность оплаты только за выбранный канал и/или оплата за просмотр определенной передачи (чемпионаты, фестивали, концерты и пр.);
- возможность удаленного контроля записи нужного контента;
- просмотр возможен как на ПК, так и на ТВ (при наличии необходимого конечного оборудования);
- дополнительные возможности (голосование, интерактивное обсуждение, прочее).

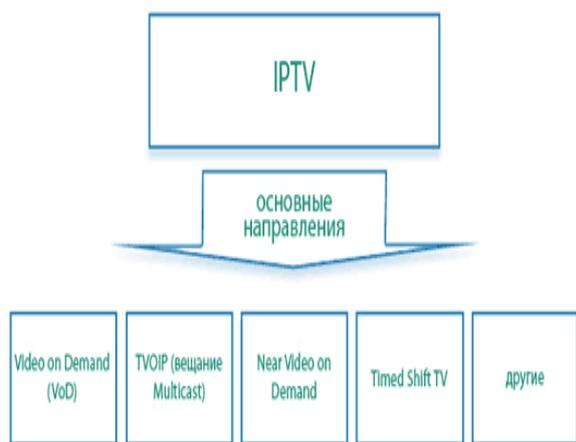


Рис.1. Сервисы IPTV

Middleware – программно аппаратный комплекс, который обеспечивает управление всеми компонентами решения «IPTV», обрабатывает запросы от абонентских устройств, обеспечивает взаимодействие с системами Оператора связи. **Middleware** позволяет осуществлять:

- авторизацию абонента;
- формирование программы передач **EPG**;
- формирование интерфейса и инструментов управления решением «IPTV»;
- взаимодействие с системами **CAS, VoD**, головной станцией, **STB**-устройствами;
- взаимодействие с биллинговыми системами и системами поддержки бизнеса Оператора связи (**OSS/BSS/CRM** и т.п.).

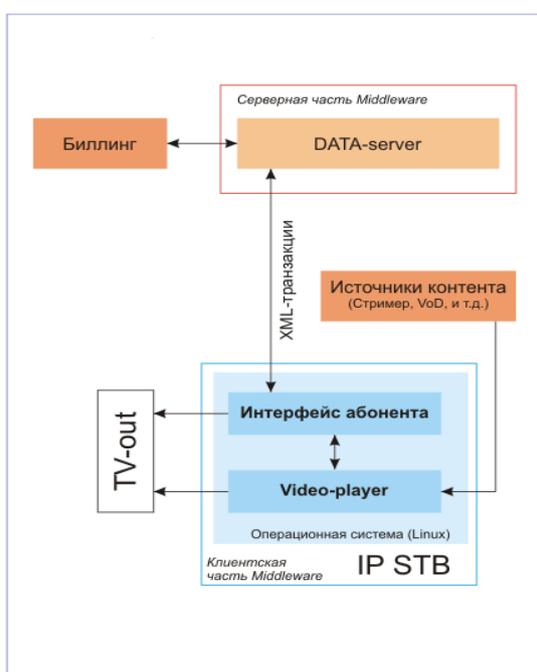


Рис.2. Middleware 2-го поколения

В Middleware второго поколения задача формирования графического интерфейса полностью переложена на клиентскую часть системы. На STB устанавливается операционная система Linux, под управлением которой работает специальное приложение, являющееся самостоятельным интерфейсом пользователя. То есть вся графика, все подпрограммы, модули и плагины находятся и исполняются на самой приставке, не обращаясь без необходимости к серверу. Это позволяет не только разгрузить сервер, но и предоставить еще ряд других значительных преимуществ:

1. можно использовать в одной сети разные приставки. Это стало возможно благодаря тому, что одно и то же приложение интерфейса собирается для каждой конкретной приставки, используя SDK от производителя;
2. быстрота работы;
3. автономность. В случае сбоя серверного оборудования системы Middleware абонент сможет продолжать получать медиа-контент в течение всего оплаченного срока подписки на услуги.
4. отсутствуют ограничения визуализации и функциональности.
5. автоматическое обновление прошивок. Если возникает желание внедрить в IPTV-комплекс новый сервис, то следует только запустить автоматическое обновление софта на клиентской приставке. Новые ресурсы станут доступны всем.

Таким образом, при использовании системы Middleware второго поколения оператор связи получает решение с неограниченными возможностями. Новые приставки и новые сервисы могут быть введены в эксплуатацию без остановки всего комплекса IPTV. Абонент же оценит быстроту работы графического интерфейса и простоту добавления новых сервисов.

Список литературы

1. Подходы к реализации IPTV Middleware. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.netup.tv/ru-generation_of_iptv_middleware.php свободный. – Загл. с экрана.
2. IPTV. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/IPTV>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Системы IPTV - интерактивное цифровое телевидение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itmicro.ru/iptv.html>, свободный. – Загл. с экрана.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ВЫБОРЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ

Берестнева Е.В.

Научный руководитель: Марухина О.В., к.т.н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: berestneva_1@mail.ru

Одной из наиболее актуальных проблем в области образования в современных условиях является повышение его качества, которое определяет конкурентоспособность как отдельного специалиста, так и учебных заведений в целом. С появлением и реализацией в России новой парадигмы непрерывного профессионально образования как индивидуально-ориентированного образования через всю жизнь, в центр системы образования поставлена личность с ее интересами и возможностями [1]. Индивидуальные образовательные траектории и разрабатываются именно для того, чтобы обеспечить качественную, индивидуальную, штучную подготовку отдельного специалиста, компетентного в сфере своей профессиональной деятельности. Индивидуальная образовательная траектория студента может выстраиваться разными путями, в зависимости от целей субъектов образования [1].

Индивидуальная траектория – это замысел студента относительного его собственного продвижения в образовании, оформленный и упорядоченный им в соответствии с педагогическими технологиями и учебной деятельностью. Студенты самостоятельно выбирают образовательную траекторию на основе осознанной самооценки возможностей, потребностей и целей в изучении программирования. Индивидуальные образовательные траектории (ИОТ) характеризуются вариативностью форм, методов и средств обучения, что ориентировано на разные способности студентов. Выбор уровня сложности субъективен и определяется конкретными учебными задачами студентов, самооценкой, уровнем притязаний [2].

С появлением и реализацией в России новой парадигмы непрерывного профессионально образования как индивидуально-ориентированного образования через всю жизнь, в центр системы образования поставлена личность с ее интересами и возможностями. Это послужило толчком в развитии профессионального образования и, как показало исследование, наиболее перспективным направлением его развития является совершенствование предоставляемых образовательных услуг.

Настоящие требования, предъявляемые к выпускнику, представляют собой набор не только профессиональными компетенций, а также общекультурных, благодаря чему решается проблема перекоса в сторону субъективных возможностей в процессе формирования человека, возникшей из некоторой косности в традициях системы образования, долгое время ориентированной прежде всего на трансляцию знаний, в значительной степени формальных и оторванных от жизни.

Различные виды деятельности будущих специалистов предполагают различные виды организации заданий, занятий и обучения в целом, в соответствии с этим, наряду с традиционными видами, можно рекомендовать проведение следующих форм занятий нацеленных на совершенствование коммуникативной компетенции.

Анализ компетенций может осуществляться на протяжении всего обучения, что позволит отслеживать динамику изменений и рекомендовать те или иные методы как эффективные для совершенствования коммуникативной компетенции. На входе в данном процессе находятся начальная информация о студенте, на выходе оценка итоговых компетенций дипломированного специалиста. Управляющими факторами являются компетенции направления обучения, изложенные в образовательном стандарте. Для достижения объективности оценка должна производиться не только сотрудниками университета, но и привлеченными экспертами.

Результатом оценки компетенций являются рекомендации, на основании которых производится корректировка образовательной траектории. Такая корректировка может быть произведена преподавателем в рамках своей дисциплины в течении семестра с акцентом на выполнение определенного вида заданий или проведения форм занятий, стимулирующих совершенствование компетенции, куратором в виде проведения тренингов, а также самим студентом при выборе дисциплин и факультативных занятий. Такая глобальная, всесторонняя оценка, охватывающая всех студентов университета требует громадных людских, временных и финансовых затрат и невозможна в современных условиях без применения информационных технологий.

На кафедре оптимизации систем управления Института кибернетики Томского политехнического университета разрабатывается информационная система поддержки принятия решений о выборе индивидуальной образовательной траектории. Основные функции системы связаны с анализом компетенций студента на протяжении всего процесса обучения на основании его личностных качеств, выявляемых в результате психодиагностического тестирования, оценки экспертами его умений и навыков, а также данных о его успеваемости по дисциплинам [3]. Результат данного анализа соотносится с компетенциями, требуемыми для выпускника по данному направлению подготовки, что позволяет корректировать образовательную траекторию.

Единая информационная среда вуза, такая как реализованная в томском политехническом университете, приспособлена для создания дополнительных программных модулей, внедряемых существующие подсистемы, в качестве примера можно привести портал, или импортирующих необходимые данные из соответствующих источников, таких как схема «Личность», «Успеваемость» и др., посредством представлений базы данных, создаваемых для модулей.

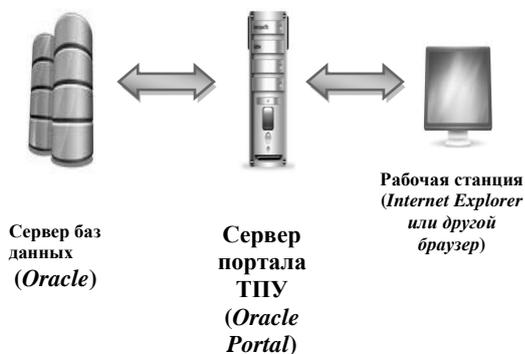


Рис.1. Концептуальная схема используемых инструментальных средств

При интеграции подсистемы оценки компетенций с единой информационной средой вуза происходит взаимодействие со другими подсистемами: «Личность», «Успеваемость», «Кодификаторы», «Сотрудник», «Студент», «Оценка компетенций» [3, 4].

Список литературы:

1. Асманова И.Ю., Горячова М.В. Индивидуальные образовательные траектории в области математических и естественно-научных дисциплин // Успехи современного естествознания. – 2008. – № 4 – С. 67-68
2. Бордюгова Т.Н. Методика подбора индивидуальной образовательной траектории при обучении программированию в вузе//Материалы X Южно-российской межрегиональной научно-практической конференции "Информационные технологии в образовании" ("ИТО-Ростов-2010"), 23-24 ноября 2010 года, г. Ростов-на-Дону. – URL: <http://ito.edu.ru/2010/Rostov/III/III-0-2.html> (дата обращения: 17.02.2013)
3. Мокина Е. Е. , Фофанов О. Б. , Марухина О. В. , Силич В. А. Роль лично-ориентированной среды в формировании компетенций студентов ИТ – специальностей [Электронный ресурс] // Уровневая подготовка специалистов: государственные и международные стандарты инженерного образования: сборник трудов научно-методической конференции, Томск, 3-6 Апреля 2012. - Томск: ТПУ, 2012 - С. 120-122. - Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/m/2012/m06.pdf>
4. Мокина Е. Е. , Гергет О. М. , Марухина О. В. Формирование компетентности студентов ИТ-специальностей / / Открытое образование: Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе "IT + SE'2012": материалы XXXX Юбилейной Международной конференции X Международной конференцией молодых ученых, 2012 - Приложение - С. 217-220.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ СЧИТЫВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Бикинеева А.М.

Научный руководитель: Степанов Д.Ю., к.т.н, доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: astrein.n@gmail.com

Обработка геофизических данных является необходимым этапом проведения сейсморазведки. В современной сейсморазведке наиболее распространенным является метод общей глубинной точки (МОГТ). Сущность МОГТ составляет идея многократного прослеживания одних и тех же отраженных от границы волн при различном взаимном положении источников и приемников упругих колебаний. При проведении сейсморазведочных работ в районах со сложными глубинными сейсмогеологическими условиями для получения объективных и достоверных сведений о геологическом строении изучаемой среды необходимо учитывать трехмерность структуры волнового поля. В сейсморазведке 3D, в отличие от работ по технологии 2D, плотность общих глубинных точек на единицу площади исследований резко возрастает, что дает возможность формировать куб сейсмической информации [1, 2].

Обычно при проведении сейсморазведочных работ производится исследование площади, которая варьируется от десятков до нескольких сотен квадратных километров, а приемники располагаются в вершинах квадратов со сторонами в 50, либо в 30 метров. Каждый сейсмоприемник регистрирует записи длиной в 5 тысяч четырехбайтных отсчетов и более. В связи с перечисленными факторами размеры файлов исчисляются в десятках, но чаще всего в сотнях гигабайт.

В настоящий момент существуют программные комплексы, позволяющие решать большой спектр задач обработки и интерпретации данных 3D-разведки. Широко распространены такие системы обработки данных, как «Vimseis2D/3D», «Meikon2D/3D», «MicroSiesmic», «RadExPro» и другие. Эти системы представляют собой пакет обработки с интегрируемыми функциями визуализации данных. Но существуют пользователи, которым не требуется производить обработку данных, необходима только визуализация результатов для анализа полученных разведочных данных. Программных продуктов, предусматривающих только визуализацию 3D-данных, в настоящий момент на рынке не существует.

Наибольшие сложности при разработке программного продукта возникают в связи с упомянутыми выше большими объемами данных. Рассмотрим наиболее распространенный формат регистрации наблюдений. Им является формат SEG-Y, упрощенно принцип хранения

информации в котором представлен на рисунке 1 и заключается в сборе в одном файле данных всех проведенных исследований таким образом, что данные с одного приемника (трассы) находятся в одной записи [3, 4].

Текстовый заголовок	Электронный заголовок	Заголовок трассы	Данные трассы	Заголовок трассы	Данные трассы	...
---------------------	-----------------------	------------------	---------------	------------------	---------------	-----

Рис. 1. Принцип хранения информации в формате SEG-Y

Таких файлов у пользователя может быть не один десяток. Всё это хранится во множестве разнообразных хранилищ, иногда даже за пределами организации. Это приводит к тому, что создание инструмента, производящего визуализацию данных, а также использующего методы, которые ускоряют или упрощают работу непосредственно с данными большого объема, является актуальным и востребованным.

Вариантов ускорения работы программы с данными большого объема существует множество. Мы же остановимся на двух наиболее приемлемых:

- оптимизация считывания информации из файла;
- уменьшение исходной информации.

Перед тем, как начинать рассмотрение вариантов подробнее, решим, что при визуализации будем производить построение куба начиная с внешних граней. Это упростит чтение информации и позволит производить построение лишь шести сечений (рис.2а). Для получения информации о внутреннем строении куба (рис.2б), воспользуемся еще тремя дополнительными. Итого мы получаем, что для построения куба нам может понадобиться до трех продольных, трех поперечных и трех горизонтальных сечений.

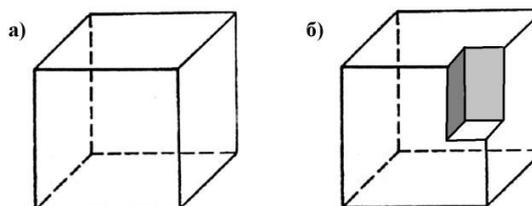


Рис. 2. Примеры необходимого количества сечений

Первым из вариантов ускорения работы программы является оптимизация считывания информации из файла. Как было ранее замечено, файл с исходной информацией занимает достаточно большой объем жесткого диска, а потому считывание его целиком в оперативную память невозможно или нецелесообразно. В этих условиях оптимизация визуализации данных должна опираться на анализ особенностей расположения трасс в файле. Как видно из рисунка 1, трассы располагаются последовательно так, что файл можно разбить на части, в которых лежат трассы, определяющие одно сечение куба. Такие сечения назовем продольными вертикальными (или просто - продольными). Схематично расположение продольных сечений в файле показано на рисунке 3.

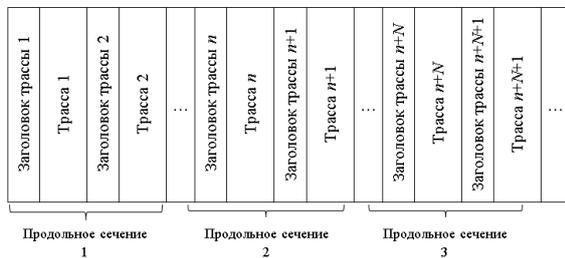


Рис. 3. Расположение информации о продольных сечениях куба

Очевидно, для продольного сечения логичнее использовать модель работы с большой информацией типа отображение файла в виртуальную память. Это наиболее быстрый способ чтения информации, т.к. базируется на одном обращении к функции считывания с диска большого участка файла.

Для построения поперечного вертикального сечения необходимо считать трассы с номерами n , $n+N$, $n+2N$ и т.д. В файле такие трассы не расположены уже друг за другом, а находятся на фиксированном расстоянии (рис.4). В этом случае потребуется M обращений к функции считывания с диска участка файла, занимаемого одной трассой.

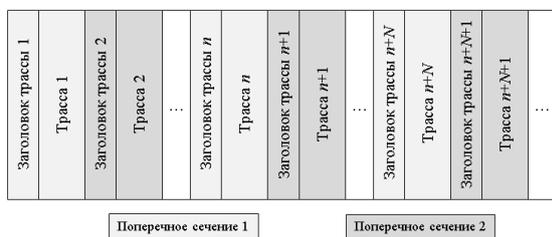


Рис. 4. Расположение информации о поперечных сечениях

Таким образом, чтение поперечных сечений потребует большее количество времени. Для

оперативного хранения данных таких сечений имеет смысл использовать модель памяти типа буфер.

Для отображения горизонтальных сечений необходимо сделать выборку одного отсчета из каждой трассы куба. Для этого понадобится $M \times N$ обращений к функции считывания с диска четырехбайтовых чисел (рис. 5). Это наиболее трудоемкая операция и, следовательно, один раз считанные данные имеет смысл хранить как можно дольше, а, значит, в этом случае необходимо применять модель памяти типа стек.

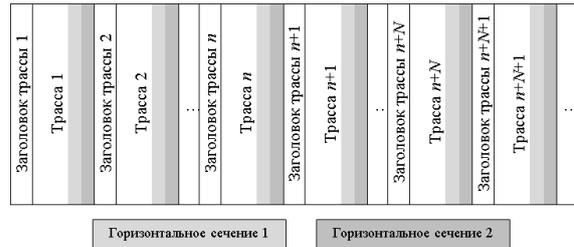


Рис. 5. Расположение информации о горизонтальных сечениях куба

Вторым вариантом ускорения работы программы является уменьшение исходной информации. В SEG-Y-файле числовые значения хранятся в четырехбайтных числах с плавающей запятой. Но такой объем информации избыточен – для визуализации достаточно всего одного байта! Это значит, что имеет смысл уменьшать объем данных и перейти от чисел с плавающей точкой к числам с фиксированной точкой. Такое масштабирование должно осуществляться по заранее определенному пользователем правилу, например, масштабирование по максимальному и минимальному значению данных трасс или масштабирование по заданному множителю.

Из всего вышеизложенного следует, что в процессе разработки инструмента визуализации данных 3D-ОГТ были учтены множество факторов, таких, как формат исходных данных, структура хранения трасс в файле и принцип работы с памятью в современных компьютерах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Резяпов Г.И. Сейсморазведка – Учебное пособие, 2011. – 246 с.
2. Бондарев В.И. Сейсморазведка МОГТ. Часть 3, Екатеринбург: УГГГА, 1996. – 242 с.
3. Хаттон Л., Уэрдингтон М., Мейкин Дж. Обработка сейсмических данных, пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 216 с.
4. Барри К.М., Каверс Д.А., Книле С.В. SEG-Y. Рекомендуемые стандарты форматов цифровых лент, 1974. – 122 с.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРИГОТОВЛЕНИЯ РАБОЧЕЙ СМЕСИ КИСЛОТ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗВОДНОГО ФТОРИСТОГО ВОДОРОДА

Биянова А.В., Денисевич А.А., Маклаков Р.Э.

Научный руководитель: Денисевич А.А., ассистент, аспирант

Томский политехнический университет, 63405, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: denisevichaa@tpu.ru

В ядерно-энергетическом топливном цикле фтороводород применяется для производства элементарного фтора, использующегося как фторирующий реагент при получении, разделении и аффинаже ядерного горючего [1].

Промышленный способ производства фтороводорода основан на разложении фторида кальция CaF_2 серной кислотой [3]. Источником CaF_2 в процессе разложения является флюоритовый концентрат (ФК), содержащий более 90 % CaF_2 .

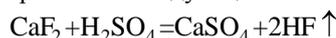
Запасы флюорита в природе ограничены [2]. Рассматриваемая реакция относится к классу топохимических эндотермических реакций, поэтому процесс ведется в обогреваемых вращающихся барабанных печах при 130–200 °С [1], куда непрерывно подаются флюоритовый концентрат и рабочая смесь кислот, состоящая из серной кислоты (88–96 %), фтороводорода (1–7 %) и воды (2–5 %).

Настоящая работа посвящена первому этапу создания автоматизированной системы управления процессом сернокислотного разложения флюоритового концентрата для ОАО Сибирский химический комбинат – разработке алгоритма для приготовления смеси реагентов рабочей смеси кислот (РСК) требуемого состава. РСК готовится смешением товарных сортов олеума, купоросного масла (КМ) и оборотной кислоты (ОК), возвращаемой из производственного цикла. Разрабатываемый алгоритм рассчитывает значения объемных расходов КМ, олеума и РСК в зависимости от исходных данных, приведённых в таблице 1.

Таблица 1. Исходные данные для расчета РСК

Параметр	Наименование параметра
P	Массовый расход ФК, кг/ч
K	Коэффициент избытка H_2SO_4 в РСК
q_1	Массовая доля CaF_2 в концентрате
q_2	Массовая доля CaCO_3 в концентрате
b_1	Концентрация CaF_2 в отвале
b_2	Концентрация H_2SO_4 в отвале
a_{21}	Содержание H_2SO_4 в ОК
a_{31}	Содержание H_2O в ОК
a_{24}	Содержание H_2SO_4 в КМ
a_{25}	Содержание H_2SO_4 в олеуме
a_{20}^*	Содержание H_2SO_4 в РСК
$W_1^{об}$	Объемный расход ОК, л/ч
d_1	Плотность ОК, кг/л
d	Плотность РСК, кг/л
d_5	Плотность олеума, кг/л
d_4	Плотность КМ, кг/л

Для того чтобы составить математическую модель процесса приготовления РСК, необходимо рассмотреть материальный баланс выхода отвала и загружаемых реагентов [2]. В технологической схеме протекают следующие основные реакции:



В начале был составлен материальный баланс расхода серной кислоты в составе РСК, необходимой для разложения поступающего ФК.

С учетом стехиометрии реакции массовый расход серной кислоты, необходимой для разложения поступающего ФК равен:

$$W_{20}^C = P \left(\frac{\mu_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{\mu_{\text{CaF}_2}} q_1 + \frac{\mu_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{\mu_{\text{CaCO}_3}} q_2 \right), \quad (1)$$

где $\mu_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ – молярная масса H_2SO_4 ; μ_{CaF_2} – молярная масса CaF_2 ; μ_{CaCO_3} – молярная масса CaCO_3 .

Поскольку разложение ведется при избытке серной кислоты, то ее массовый расход будет равен:

$$W_{20} = K \cdot W_{20}^C,$$

где W_{20}^C – стехиометрическое количество H_2SO_4 , рассчитанное по выражению (1).

В итоге конечная система для расчёта требуемых расходов КМ, олеума и РСК выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} W_{20} = PK(1,256q_1 + 0,98q_2); \\ W_4 = \frac{W_{20} - W_1 a_{21} - W_5 a_{25}}{a_{24}}; \\ W_5 = \frac{-W_{20} \frac{a_{24} - a_{20}^*}{a_{20}^*} - W_1 a_{31} a_{24} - a_{21} + a_{24} a_{21}}{a_{24} - a_{25}}. \end{cases}$$

Таким образом, при заданных производительности P , расходе оборотной кислоты W_1 и коэффициенте избытка кислоты K , можно рассчитать значения расходов купоросного масла W_4 и олеума W_5 , необходимых для приготовления рабочей смеси кислот заданного количества и состава.

Для удобства расчетов расходов компонентов РСК помощью приложения GUIDE, пакета MATLAB был разработан графический интерфейс. Для упрощения восприятия пользователем программы, в рабочем окне программы представлена упрощенная технологическая схема с расположенными рядом с

каждой емкостью окнами для ввода параметров и таблица с описанием исходных данных для расчета. Внешний вид интерфейса пользователя

разработанной математической модели представлен на рис. 1.

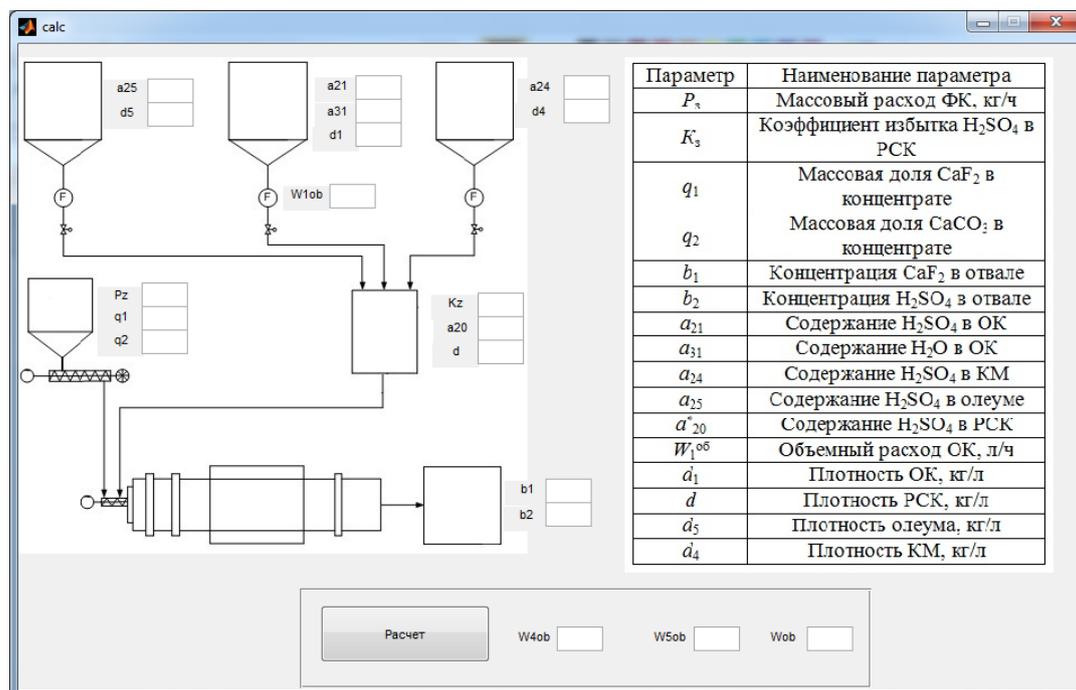


Рис. 1. Графический интерфейс статической модели расчета РСК.

При нажатии на кнопку «Расчет» рассчитываются значения расходов купоросного масла $W_4^{об}$ и олеума $W_5^{об}$, необходимых для приготовления рабочей смеси заданного количества и состава, а так же происходит вычисление объемного расхода РСК $W^{об}$. Оценка адекватности представленной статической математической модели проводилась по следующей методике. На основании имеющейся информации об объекте управления, взятой из технологических журналов операторов-технологов, получают экспериментальные данные о расходах оборотной кислоты, купоросного масла, олеума и флюоритового концентрата для некоторого стационарного режима работы печи.

В то же время, с помощью разработанной статической математической модели, описывающей процесс приготовления рабочей смеси, получаем расчетные значения расходов олеума и КМ, исходя из заданных составов и расходов ФК и ОК, реально получаемого состава отвала по CaF_2 и H_2SO_4 , заданной концентрации серной кислоты в ее водном растворе, входящем в состав рабочей смеси кислот.

Таким образом, мы получаем возможность сравнивать расчетные и экспериментальные значения расходов КМ и олеума, и на основании этого сравнения судить о пригодности или непригодности полученной модели для разработки алгоритма управления.

Приведенная погрешность в итоге составили:

КМ – 0,85 %, олеума – 0,7 %. На основании этих результатов, учитывая, что параметры модели будут корректироваться по реальному составу отвала, можно сделать вывод, что разработанная математическая модель может быть использована при разработке алгоритма управления процессом приготовления РСК.

Полученные результаты исследований были использованы при выполнении хозяйственного договора между ОАО «Сибирским химическим комбинатом» и Томским политехническим университетом.

Литература:

1. Галкин Н.П., Крутиков А.Б. Технология фтора. – М.: Атомиздат, 1968. – 187 с.
2. Бейгель А.Г., Лысенко А.А., Сесь И.В. Разработка АСУТП приготовления рабочей смеси для печи разложения флюоритового концентрата производства безводного фтороводорода: Тез. докл. I областной научно-технической конференции молодежи и студентов. – Томск, 1995.
3. Исикава Н. Новое в технологии соединений фтора: Пер с яп. – М.: Мир, 1984. – 591 с.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ SMART HOME

Борисов В.И., Скударнов А.Л.

Научный руководитель: Михайлов В.В., к.т.н., старший научный сотрудник
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: vadimental@yandex.ru

Понятие «Умный дом» появилось сравнительно недавно. Те, кто слышит этот термин, в первую очередь представляет себе дом со всеми удобствами и комфортом. Для потенциального потребителя нет необходимости знать технический аспект разработки, ему важен только конечный результат. Иначе говоря, система не является прозрачной для клиента. Таким образом, было принято решение создать учебный стенд «Smart Home» с целью максимально раскрыть техническую составляющую системы и наглядно продемонстрировать ее функциональные возможности. Дело в том, что сейчас в России проектирование «умных домов» применяется в основном в высокобюджетных проектах, где подход строго индивидуальный, где установкой системы занимаются специалисты, да и сама разработка стоит немалых денег. Учебный стенд «Smart Home» позволит студентам понять принципы работы системы и, возможно, поможет им в будущем разработать свою систему.

Под термином Smart Home будем понимать интеллектуальную интеграцию несколько систем в единую систему управления жилым помещением.

Рассмотрим концепцию самого стенда. Стенд является моделью помещения, в котором внедрена автоматизированная система управления. Она, в отличие от автоматической системы, оставляет за собой право вмешательства человека, т.е. иными словами система Smart Home кроме автоматического режима имеет также режим ручного управления. Он находит применение в тех случаях, когда человеку необходимо по определенным причинам изменять параметры окружающей среды, такие, например, как температура воздуха, яркость света и т.п. В автоматическом режиме система Smart Home поддерживает на нужном уровне температуру воздуха за счет нагрева и вентиляции помещения, регулирует яркость ламп в зависимости от освещенности окружающей среды, дискретно управляет светом в зависимости от присутствия/отсутствия человека в комнате, а также реагирует на утечку газа и сигнализирует об опасности возникновения пожара.

Таким образом, мы можем обозначить отдельные автоматизированные модули, используемые при построении АСУ Smart Home.

Это следующие элементы:

- система отопления и вентиляции;
- пожарная сигнализация;
- система освещения;

- система механизации помещения (открыть или закрыть окна).

Моделируемое помещение на стенде представляет собой 4 комнаты: гостиная, спальня, кухня и холл. В каждой комнате внедрены соответствующие ей автоматизированные подсистемы. Таким образом, в гостиной и спальне необходимо управлять отоплением/вентиляцией, освещением (яркость ламп, дискретное управление светом), а также открытием/закрытием окон (аэрация). Кухня оснащена кроме всего выше названного еще и системой пожарной сигнализации, которая срабатывает при утечке газа или появлении дыма. Схема автоматизируемого помещения показана на рисунке 1.



Рис. 1. Схема помещения и система Smart Home

Теперь рассмотрим конкретно аппаратную часть системы Smart Home.

Одним из основных важных элементов системы является центральный блок управления. Таким блоком является компьютер. Он принимает информацию с датчиков температуры (ДТ) и освещенности посредством технологии 1-Wire (двунаправленная шина связи для устройств с низкоскоростной передачей данных, в которой данные передаются по цепи питания), обрабатывает эти сигналы, а также передает обработанную информацию на управление микроконтроллеру. Важно понимать, что компьютер является программным управляющим средством, в то время как микроконтроллер является, по сути, управляющим устройством. Выбор микроконтроллера в качестве устройства управления был обусловлен тем, что требования к таким системам как пожарная сигнализация имеют жесткий характер с точки зрения немедленной реакции и повышенной надежности. Под требования, выставленные перед системой Smart Home, вполне подошел микроконтроллер

STM32 Discovery. Мощный процессор Cortex-M3, большое количество выводов, множество функциональных возможностей, простота и наглядность – все это позволяет внедрить STM32 в систему Smart Home с обеспечением заданного быстродействия и надежности. Как можно видеть на рисунке 2, микроконтроллер обменивается информацией с компьютером, который работает по принципу сервера – в нем хранятся все тренды и все значения измеряемых величин. Для того, чтобы эффективно функционировала автоматизированная система управления освещением, а именно его дискретными состояниями вкл/выкл, в систему интегрирован датчик присутствия (ДП). Принцип его работы заключается в отслеживании уровня ИК-излучения в поле зрения датчика (как правило, пироэлектрического). Сигнал на выходе датчика монотонно зависит от уровня ИК излучения, усредненного по полю зрения датчика. При появлении человека (или другого массивного объекта с температурой большей, чем температура фона) на выходе пироэлектрического датчика повышается напряжение.

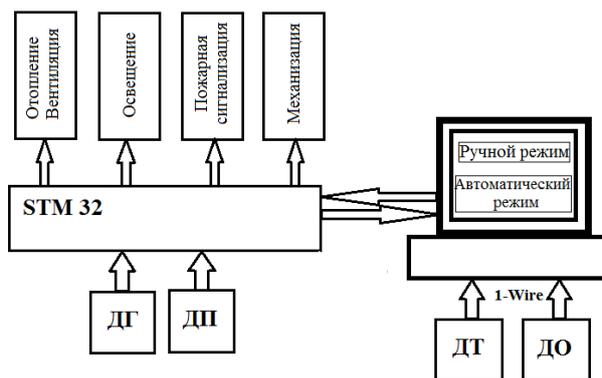


Рис. 2. Функциональная схема управления системой Smart Home

Иными словами, как только человек заходит в комнату, свет должен включаться. Датчик передает сигнал прямо на STM32, откуда и идет незамедлительное управление дискретными состояниями ламп. Более того, система Smart Home позволяет регулировать яркость освещения за счет использования диммеров. Диммер – регулятор электрической нагрузки, как правило включаемый последовательно с ней. Информацию собирает датчик освещенности (ДО) и передает ее контроллеру, который в свою очередь управляет диммером по заданной зависимости.

Еще одна функциональная возможность системы Smart Home – контроль температуры воздуха в помещении. После того, как ДТ передает сигнал на компьютер, тот передает сигнал на контроллер. Если температура меньше желаемой, контроллер включает нагреватель до тех пор, пока температура не дойдет до заданного значения. Если же температура воздуха выше установленной нормы, включается система

вентиляции. Основная идея ее работы заключается в том, что вентиляторы находятся непосредственно рядом с окнами, и одновременное открытие 2 любых окон помещения с включением вентилятора в комнате, требующей охлаждения, позволяет вытягивать теплый воздух за пределы комнаты с одной стороны и впускать свежий поток воздуха с другой. Открытие и закрытие окон реализуется с помощью приводов, которые управляются микроконтроллером STM32 Discovery.

Самой важным элементом автоматизированной системы Smart Home, несомненно, является пожарная сигнализация. Для ее реализации применяется датчик газа (ДГ). Пожарная сигнализация на учебном стенде имитирует реальную систему контроля утечки газа и опасности возгорания. При превышении некоторого верхнего порогового значения датчика газа подается сигнал на микроконтроллер, и с максимальным быстродействием последний передает сигнал аларма непосредственно на стенд. На стенде «Smart Home» реализована звуковая и световая сигнализация.

В результате проделанной работы был разработан и реализован учебный стенд «Smart Home». Он отображает основные моменты построения систем автоматизации помещений, а так же позволяет на своей основе расширить функциональную базу для отработки практических навыков студентов в работе с микроконтроллером, исполнительными механизмами, датчиками и интерфейсами управления. Данная система очень гибка к изменениям и поэтому открыта для таких дополнений, как видео регистрация, система распознавания лиц «свой-чужой», управление с помощью голосовых команд, реализация беспроводного дистанционного управления и т.д.

Литература

1. 1-wire [Электронный ресурс]. Режим доступа: ru.wikipedia.org/wiki/1-Wire
2. Автоматическое включение света [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://forum.ixbt.com/topic.cgi?id=91:3817>
3. STM32 – это просто! [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://easystm32.ru/>

БПФ НА МИКРОПРОЦЕССОРЕ С ARM АРХИТЕКТУРОЙ

Буй Б.З., Аврамчук В.С.

Научный руководитель: Аврамчук В.С., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: saivnct@gmail.com

Тенденция развития микропроцессорных устройств в настоящее время носит экспоненциальный характер. Использование микропроцессоров позволяет не только уменьшить массогабаритные показатели, но и существенно улучшить технические характеристики, в том числе быстродействие устройств. Так, например, реализация частотных фильтров на микропроцессорных устройствах позволяет обеспечить постоянство характеристик, прецизионную настройку и избежать негативных влияний старения аналоговых элементов.

Современные микропроцессорные устройства представляют собой совокупность нескольких специализированных интегральных схем, фактически выполняющих функции процессора ЭВМ. Реализация алгоритмов цифровой обработки сигналов (ЦОС) сводится к написанию и отладке программ на языке С или ассемблере. Реализация программ на языке ассемблер позволяет создавать компактные, весьма эффективные программы, но требует подробного изучения архитектурных особенностей используемого микропроцессора. Такие программы, как правило, “экономично” используют память микропроцессора. Реализация программ на ассемблере позволяет использовать все возможности микропроцессора при жестких условиях ограничения размера памяти и требуемого быстродействия. Проведенный анализ литературы показывает, что написание программ для микропроцессорных устройств чаще всего осуществляется на языке С. Эта закономерность очевидна. Язык высокого уровня С позволяет облегчить процесс создания и отладки программ. Созданные программы при этом не отличаются компактностью кода, эффективностью выполнения и минимизацией использования памяти. Это обстоятельство необходимо учитывать при разработке программ предназначенных для ЦОС в режиме реального времени.

Среди микропроцессоров для встроенных систем одними из самых перспективных и быстродействующих являются микропроцессоры построенные на ядре ARM. Среди этих устройств лидирующее место занимают 32-разрядные микропроцессоры Cortex M3 [1] выделяющиеся оптимальной ценой и производительностью. На выпуске этих микропроцессоров специализируются многие известные фирмы, такие как Atmel, Texas Instruments, ST Microelectronics, NXP, и др.

Перечислим основные достоинства микроконтроллеров ARM Cortex-M3 [1, 2].

- Полностью 32-битная архитектура: все регистры 32-битные, арифметические операции работают с 32-битными данными; операция умножения 32-разрядных чисел выполняется за 1 такт, деление за 2-12 тактов.
- Встроенный контроллер прерываний (Nested Vectored Interrupt Controller (NVIC)) поддерживает до 240 прерываний и до 256 приоритетов, при этом обеспечивает высокоскоростную реакцию на прерывания.
- Полноценная поддержка и реализация прямого доступа к памяти (Direct Memory Access).
- Специализированный набор инструкций [Thumb-2](#) [2] позволяет создавать весьма компактный исполняемый код.
- Разработанный набор инструкций ориентирован на работу с популярным компилятором языка высокого уровня С.

Рассмотренные микроконтроллеры Cortex M3 находят широкое применение в устройствах цифровой обработки сигналов (ЦОС). Cortex M3 имеют производительность в десятки MIPS, низкое потребление энергии и, как правило, наличие разнообразных периферийных устройств, выполненных на кристалле, что делает данный тип микроконтроллеров подходящим средством для реализации цифровой обработки сигналов в недорогих устройствах.

Задача определения спектрального состава – амплитуд, частот и фаз гармонических составляющих сложного сигнала встречается при анализе многочастотных колебаний в системах управления, при распознавании многочастотных сигналов в линиях связи и т.п. Для решения этой задачи чаще всего привлекается дискретное преобразование Фурье (ДПФ). ДПФ находит широкое применение не только в ЦОС, но и многих других областях науки – акустике, физике, экономике, биологии, геологии и т.п.

Среди существующих алгоритмов расчета ДПФ наибольший интерес представляют эффективные алгоритмы, получившие название быстрого преобразования Фурье (БПФ). Алгоритмы БПФ [3] позволяют сократить общее количество вычислительных операций и, тем самым, повысить эффективность программных продуктов на их основе. Одним из таких алгоритмов является алгоритм Кули-Тьюки [4]. Основным эффектом от использования этого способа вычисления будет

проявляться при значительном размере выборки дискретизированного сигнала. При использовании данного алгоритма основное время выполнения преобразования Фурье будет определяться временем вычисления двухточечного преобразования, которое принято называть “бабочкой” [5]. Эта базовая операция записывается следующим образом:

$$y_1 = x_1 + x_2 \cdot w, \quad y_2 = x_1 - x_2 \cdot w,$$

где x_1, x_2 – исходные точки, y_1, y_2 – результат, w – комплексный коэффициент.

На основании выбранного алгоритма вычисления БПФ была создана программа вычисления преобразования Фурье на микроконтроллере Cortex M3. Разработка программы осуществлялась исходя из условий, что разрядность исходных данных составляет 32 бита и разрядность коэффициентов должна быть не менее 32.

Ниже приведен листинг программного кода функции реализующей двухточечное преобразование “бабочка”, написанный на языке C для процессоров с архитектурой ARM Cortex M3.

```
void arm_radix2_butterfly_f32(
float32_t * pSrc,
uint32_t fftLen,
float32_t * pCoef,
uint16_t twidCoefModifier)
{
int i, j, k, l;
int n1, n2, ia;
float32_t xt, yt, cosVal, sinVal;
n2 = fftLen;

for (k = fftLen; k > 1; k = k >> 1)
{
n1 = n2;
n2 = n2 >> 1;
ia = 0;

for (j = 0; j < n2; j++)
{
cosVal = pCoef[ia * 2];
sinVal = pCoef[(ia * 2) + 1];
ia = ia + twidCoefModifier;

for (i = j; i < fftLen; i += n1)
{
l = i + n2;
xt = pSrc[2 * i] - pSrc[2 * l];
pSrc[2 * i] = pSrc[2 * i] + pSrc[2 * l];

yt = pSrc[2 * i + 1] - pSrc[2 * l + 1];
pSrc[2 * i + 1] = pSrc[2 * l + 1] + pSrc[2 * i +
1];
```

```
pSrc[2 * l] = (cosVal * xt + sinVal * yt);
pSrc[2 * l + 1] = (cosVal * yt - sinVal * xt);
}
}
twidCoefModifier = twidCoefModifier << 1u;
}
}
```

Разработанный алгоритм прошел тестирование на размерах выборок 1024, 2048 и 4096. На перечисленных размерах выборки микропроцессор ARM Cortex M3 позволяет проводить вычисление БПФ в режиме реального времени с задержкой необходимой для накопления требуемого числа отсчетов дискретизированного сигнала.

Реализованный алгоритм БПФ может быть использован в качестве базового при расчете частотно-временных корреляционных функций [6].

Заключение

Применение микропроцессоров ARM Cortex M3 в устройствах цифровой обработки сигналов позволяет избежать использования дорогостоящих специализированных устройств.

Благодаря 32-битной архитектуре и высокому быстродействию вычислительного ядра, микропроцессор ARM Cortex M3 обеспечивает эффективность вычислений.

Созданный алгоритм вычисления БПФ используется в разрабатываемом устройстве ЦОС. Дополнительно в этом устройстве реализованы функции частотной полосовой фильтрации.

Разработанные алгоритмы ЦОС используются при разработке портативного прибора обнаружения утечек в трубопроводах на основе микропроцессора ARM Cortex M3.

Литература

1. Yiu J. The definitive guide to the ARM Cortex-M3. Elsevier Inc., Oxford, 2007. – P. 380.
2. Martin T. The insider's Guide To the STM32 ARM Based Microcontroller. Hitex (UK) Inc., Coventry, 2009. – P. 106.
3. Нуссбаумер Г. Быстрое преобразование Фурье и алгоритмы вычисления свертки. – М.: Радио и связь, 1985. – 248 с.
4. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. 2-е изд. – М.: Вильямс, 2008. – 992 с.
5. Л. Рабинера и Б. Гоулда Теория и применение цифровой обработки сигналов. – М.: Издательство «Мир», 1978 г. – 847 с.
6. Аврамчук В.С., Чан Вьет Тъяу. Частотно-временной корреляционный анализ цифровых сигналов // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315. – № 5. – С. 112–115.

РАЗРАБОТКА КОРРЕЛЯЦИОННОГО ТЕЧЕЙСКАТЕЛЯ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ ARM

Буй Б.З., Аврамчук В.С.

Научный руководитель: Аврамчук В.С., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: saivnct@gmail.com

Современное развитие микропроцессорной техники характеризуется постоянным экспоненциальным ростом. Разрабатываемые микропроцессоры обладают меньшими габаритами, энергопотреблением и высоким быстродействием. Применением их в качестве элементной базы позволяет создавать устройства небольших, компактных размеров.

Существующие на рынке корреляционные течейскатели выполнены, как правило, в 2-х вариантах исполнения: с использованием портативного компьютера и автономного устройства на базе специализированных микропроцессорных устройств цифровой обработки сигналов [1].

В настоящее время наиболее широко распространены два метода определения места утечки: акустический и корреляционный.

Суть акустического метода заключается в прослушивании шума от трубопровода с поверхности при помощи геофона. Этот шум имеет особый характер и наибольшую интенсивность в месте утечки.

Этот метод имеет ряд следующих недостатков:

- низкая надежность при больших глубинах прокладки трубопроводов;
- низкая акустическая помехоустойчивость;
- процесс обнаружения трудоемок.

Корреляционный метод лишен недостатков акустического и обладает лучшими характеристиками, как по чувствительности, так и по точности обнаружения.

Не смотря на наличие большого числа приборов данного типа общим для них является применение классической взаимной корреляционной функции, как базового математического аппарата [2]. Все отличия заключаются лишь в предварительной обработке сигналов.

Целью данной работы является разработка корреляционного течейскателя на основе частотно-временной корреляционной функции с использованием микроконтроллера STM32.

Сущность корреляционного метода обнаружения утечек проиллюстрирована на рис.1. и заключается в построении взаимной корреляционной функции и вычислении по этой функции координаты утечки.

Если два датчика установить так, что предполагаемое место утечки будет находиться между датчиками, то по взаимной корреляционной функции можно определить разницу во времени (задержку) Δt прихода сигнала от места утечки до датчиков. При

этом, зная скорость распространения акустического сигнала по трубе v , и расстояние между датчиками l можно определить место расположения утечки по формуле:

$$x = \frac{v \cdot \Delta t}{2}, \quad (1)$$

или

$$x_1 = \frac{l}{2} - \frac{v \cdot \Delta t}{2}, \quad (2)$$

где $x_{1,2}$ – расстояние от утечки до первого или второго датчика

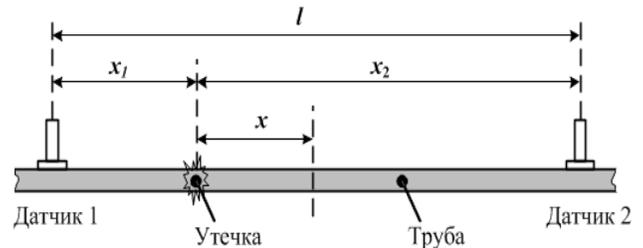


Рис. 1. Схема трубопровода с утечкой и установленными датчиками

Взаимная корреляционная функция описывает степень сходства формы сигналов и взаимное расположение друг относительно друга по времени. Взаимная корреляционная функция 2-х дискретных сигналов x_i и y_i со сдвигом, равным k , вычисляется по формуле:

$$r_{xy}[k] = \frac{1}{N-k} \sum_{j=0}^{N-1-k} x_{j+k} \cdot y_j$$

где N – размер выборки сигналов. На графике функции $r_{xy}[k]$ расположение максимума соответствует значению искомой задержки Δt [2].

На практике в основном используют быструю корреляцию, основываясь на соответствующей теореме [2], и формуле

$$r_{xy}[k] = F^{-1} \left[F(x_i) F^*(y_i) \right],$$

где F – прямое дискретное преобразование Фурье [2] первого сигнала, F^* – комплексно-сопряженное значение результатов прямого дискретного преобразования Фурье второго сигнала, F^{-1} – обратное дискретное преобразование Фурье.

Такая форма представления корреляционной функции не позволяет оценить взаимосвязь сигналов на различных частотных участках спектра. Это

является существенным недостатком такого подхода. Применение частотно-временной корреляционной функции позволяет расширить информацию о сигналах, так как она несет информацию не только о временном домене, но и частотном. На практике взаимная корреляционная функция вычисляется при помощи БПФ [2, 3].

Как уже было отмечено ранее, частотно-временная корреляционная функция лишена основного недостатка классической функции и может быть вычислена по приведенным формулам [4, 5]:

$$\begin{aligned} r_{12} &= Z_i^k, \\ Z^k &= F^{-1}[M^k], \\ M_j^k &= \begin{cases} P_j, & \frac{k}{m} \leq \frac{j}{2^{n-1}+1} < \frac{k+1}{m}, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

$$P_j = F(x_i)F^*(y_i),$$

где x_i и y_i – отсчеты входных сигналов,

$$i = 0, 1, \dots, 2^n - 1, j = 0, 1, \dots, 2^{n-1} + 1,$$

$$k = 0, 1, \dots, m - 1, m = 0, 1, \dots, n = 2, 3, \dots$$

На основе приведенных расчетных формул разрабатывается программное обеспечение для микроконтроллера STM32, который является базовым вычислительным устройством создаваемого прибора обнаружения мест утечек.

Микроконтроллеры STM32 представляют собой 32-разрядные микроконтроллеры с архитектурой ARM Cortex-M3. За счет высокой производительности, низкого энергопотребления и, как правило, наличия разнообразных периферийных устройств, выполненных на кристалле, эти контроллеры находят широкое применение в устройствах цифровой обработки сигналов.

Разработка программного обеспечения осуществляется на отладочном комплексе [6], в состав которого входят:

- Микроконтроллер STM32F103VET6: тактовая частота 72МГц, размер программной памяти 512Кб, размер ОЗУ 64Кб.
- QVGA TFT 3.2" – LCD дисплей с разрешением 240×320 на базе видеопроцессора SSD1928.
- Интегрированный модуль последовательного интерфейса передачи данных RS-232.
- Модуль JTAG для программирования контроллера.
- АЦП: 12-bit 16 каналов.
- ЦАП: 12-bit 2 канала.

Для получения исходных данных используются два вибропреобразователя ДН-3-М1 [7].

Словесное описание алгоритма функционирования разрабатываемого прибора выглядит следующим образом:

- Аналоговые сигналы с двух датчиков поступают на АЦП микроконтроллера ADC1 и ADC2, которые работают в режиме dual mode. На выходе

АЦП получаем два дискретизированных сигнала x_i и y_i .

- Вычисление БПФ $F(x_i)$ и $F^*(y_i)$.
- Попарное умножение полученных результатов $P_j = F(x_i)F^*(y_i)$.
- Формирование m копий сигналов согласно формулы (3).
- Вычисление обратного БПФ для результатов умножения $Z^k = F^{-1}[M^k]$.
- Определение частотно-временной корреляционной функции:

$$r_{12}(f_k, t_i) = Z_i^k$$

где $t_i \in t_{\min}, t_{\max}$; $f_k \in f_{\min}, f_{\max}$; $t_i = i \cdot \frac{1}{f_d}$

$$f_k = \frac{k \cdot f_{\max}}{m}; t_{\min} = -\frac{2^{n-1}}{f_d}; t_{\max} = \frac{2^{n-1}-1}{f_d}; f_{\min} = \frac{f_d}{2^n};$$

$f_{\max} = \frac{f_d}{2}$; f_d – частота дискретизации сигнала

- Построение графика частотно-временной корреляционной функции $r_{12}(f, t)$.
- Определение времени задержки и расчет координаты утечки по формуле 1 или 2.

Разработанное программное обеспечение планируется подвергнуть испытанию на реальных сигналах утечек.

Литература

1. Lapsley P.D., Bier J.C., Shoham A, Lee E.A. DSP Processor Fundamentals: Architectures and Features. – California: Wiley-IEEE Press, 1997. – 210 p.
2. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. 2-е изд. – М.: Вильямс, 2008. – 992 с.
3. Нуссбаумер Г. Быстрое преобразование Фурье и алгоритмы вычисления свертки. – М.: Радио и связь, 1985. – 248 с.
4. Аврамчук В.С., Чан Вьет Тъяу. Частотно-временной корреляционный анализ цифровых сигналов // Известия Томского политехнического университета. – 2009. –Т. 315. – № 5. – С. 112–115.
5. Способ частотно-временного корреляционного анализа цифровых сигналов: пат. 2405163 Рос. Федерация. № 2009118627/28; заявл. 18.05.09; опубл. 27.11.09, Бюл. № 33. – 10 с.
6. Техническое описание. KIT ARM STM32F103VET6. URL: <http://hocarm.com/shop/products/KIT-ARM-STM32F103VET6-%252b-3.2%22-TFT-LCD.html> (Дата обращения: 15.01.2013).
7. Техническое описание. Вибропреобразователь ДН-3-М1. URL: <http://www.vibropribor.ru/products/view/6> (Дата обращения: 15.01.2013).

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНЫХ СТЕНДОВ ПО КУРСУ «ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

Бурнашов А.С., Денисевич А.А.

Научный руководитель: Денисевич А.А., ассистент, аспирант
Томский политехнический университет, 63405, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: alex-di@sibmail.com

Дисциплина «Электротехническое материаловедение» является важной составной частью цикла общеинженерных дисциплин, изучает металлические и не металлические материалы, применяемые в электротехнике, приборостроении и других сферах. Основные задачи дисциплины: раскрыть физическую сущность явлений, происходящих в материалах при воздействии на них различных факторов, показать их влияние на свойства материалов. Поэтому для получения практических навыков по исследованию материалов под воздействием различных эксплуатационных факторов, возможные отказы при отклонении от нормальных условий работы; узнать физическую сущность явлений, происходящих в материалах в условиях производства и эксплуатации, их взаимосвязь со свойствами необходимо разработать комплекс лабораторных стендов. И в частности данная работа посвящена разработке двух лабораторных стендов для исследования характеристик ферро- и ферромагнитных материалов и исследования экранирующих свойств проводников.

Микротоки, циркулирующие в атомах и молекулах вещества, получили общее название молекулярных токов. Они обусловлены орбитальным движением электронов вокруг атомных ядер, а также спиновыми вращениями электронов и нуклонов (протонов и нейтронов). Поскольку микроструктурные элементы веществ – электроны и нуклоны – элементарные носители магнитного момента, то и любые их комбинации – атомные ядра и электронные оболочки, а также комбинации этих комбинаций, т.е. атомы, молекулы и макроскопические тела, в принципе могут быть источниками магнетизма. Отсюда следует вывод об универсальном характере магнетизма веществ: магнитные свойства присущи всем веществам, т.е. все они являются магнетиками. Внешнее магнитное поле оказывает влияние на эти молекулярные токи (магнитные моменты) [1].

Целью работы являлась экспериментальная оценка влияния напряженности частоты магнитного поля на индукцию и относительную магнитную проницаемость ферро- и ферромагнитных материалов. Для этого использовали стенд, электрическая схема которого представлена на рис.1.

Свойства магнитных материалов изучаются на тороидах, изготовленного феррита [2]. На тороид намотаны две обмотки с числом витков $W1$ и $W2$. На первичную обмотку подается переменное напряжение U_1 с частотой f . Часть этого напряжения, снимаемого с сопротивления подается на горизонтально отклоняющиеся

пластины «X» осциллографа. Наведенная во вторичной обмотке ЭДС U_2 подается с емкости C на вертикально отклоняющие пластины осциллографа «Y». При этом за один период электронный луч на экране ЭО опишет полную петлю гистерезиса. Изменяя величину U , на экране ЭО, можно последовательно получить ряд петель гистерезиса.

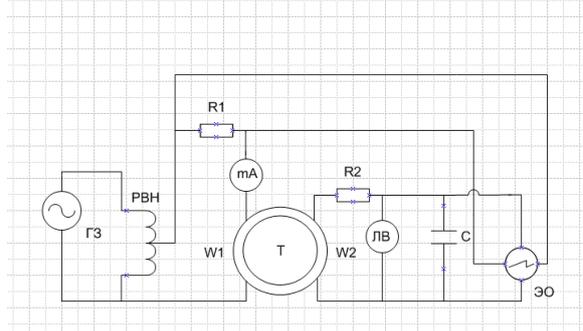


Рис.1. Принципиальная схема лабораторного стенда для исследования характеристик ферро- и ферромагнитных материалов.

ГЗ - генератор звуковой частоты, с плавным ее изменением в диапазоне от 20 Гц до 200 кГц; РВН - регулировка входного напряжения генератора, с помощью которой устанавливается заданное значение тока I в первичной обмотке тороида T , изготовленного из исследуемого материала.

После выбора элементной базы был собран лабораторный стенд и проведен эксперимент. В результате проведения эксперимента на ЭО была получена петля гистерезиса, затем данные осциллографа были оцифрованы. По оцифрованным данным, при помощи программы MS Excel был построен экспериментальный график, который приведен на рис.2.

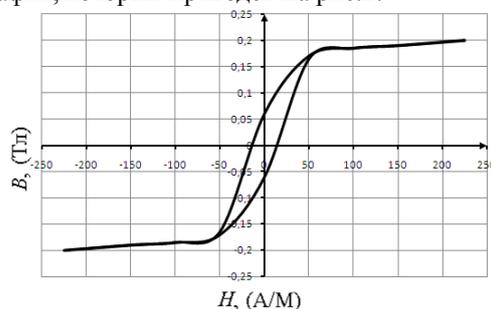


Рис.2. Петля гистерезиса, полученная экспериментальным путём

По экспериментальной петле гистерезиса можно определить остаточную индукцию (B_r) и коэрцитивную силу (H_{ci}) [2].

Остаточная индукция B_r (Тл) рассчитывается по уравнению:

$$B_{ri} = B_i \frac{Y_i}{Y_{ei}},$$

где Y_i – ордината точки B_{ri} в делениях шкалы экрана осциллографа; Y_{ei} – вертикальная координата вершины петли (ось «Y») в делениях шкалы осциллографа.

B_i определяется по следующей формуле [2]:

$$B_i = \frac{R_2 \cdot C}{S \cdot W_2} \cdot Y_{ei} \cdot n_i,$$

где R_2 – известное сопротивление; C – известная ёмкость; S – поперечное сечение тороида; n_i – чувствительность осциллографа при данном усилении по оси «Y»/

Величина коэрцитивной силы определяется из кривой намагничивания при напряжённых магнитного поля, соответствующих техническому насыщению материала. С уменьшением напряжённости магнитного поля остаточная ферро- и ферромагнетиков также убывает.

Величина коэрцитивной силы (или остаточная напряжённость магнитного поля) рассчитывается из соотношения [2]:

$$H_c = H_i \frac{x_{ci}}{x_{Hi}},$$

где x_{ci} – координата точки H_{ci} по оси абсцисс в единицах шкалы экрана ЭО; x_{Hi} – координата координата вершины петли гистерезиса по оси абсцисс в единицах шкалы экрана ЭО.

H_i определяется по следующей формуле [2]:

$$H_i = \frac{I_i \cdot W_1}{\pi \cdot D_{cp}}.$$

Во второй части работы была поставлена цель экспериментально исследовать проникновение переменного магнитного поля внутрь цилиндрических проводящих экранов из материалов с разной проводимостью, а также проверка эффективности экранирования экранами из различных материалов, эффективности экранов при различных частотах источника помехи.

Принципиальная схема собранной лабораторной установки изображена на рис.3.

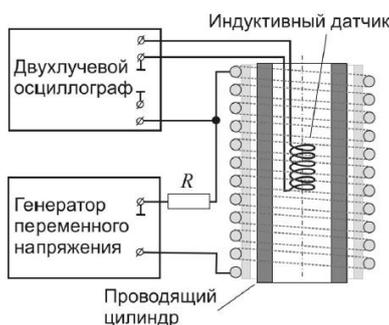


Рис.3. Схема лабораторного стенда для исследования экранирующих свойств проводников.

Сигналы регистрируются с помощью цифрового осциллографа. В качестве источника переменного тока для питания соленоида используется генератор ГЗ-33. Соленоид длиной l с числом витков N питается от генератора

гармонических колебаний. Внутри генератора может вставляться проводящий цилиндр и измерительная катушка, имеющая n витков. Последовательно с соленоидом установлено сопротивление R , служащее для контроля тока, протекающего через соленоид. Падение напряжения U на этом сопротивлении пропорционально магнитному полю, создаваемому соленоидом.

Напряжение, снимаемое с измерительной катушки U_n , пропорционально величине магнитного поля на оси соленоида и зависит от частоты и наличия или отсутствия проводящего экрана. Оба напряжения U_R и U_n регистрируются двухлучевым цифровым осциллографом, позволяющим измерять как величину сигналов, так и сдвиг фаз между внешним полем и полем внутри экрана.

Для проверки работоспособности стенда был проведен проверочный его запуск, необходимо было провести эксперимент и сравнить сигнал без цилиндрического экрана, проводящего сигнал, а затем установить экран и получить тот же сигнал. График сравнения двух сигналов представлен на рис.4.

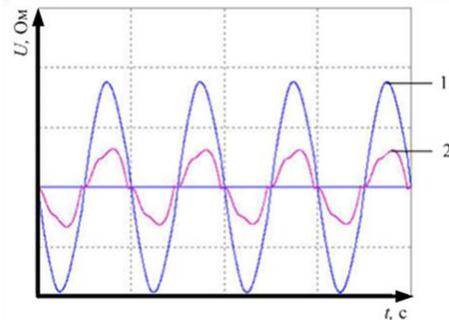


Рис.4. График сравнения сигнала с неэкранированного (1) и экранированного (2) датчиков

В результате исследований были спроектированы и собраны две лабораторные работы: «Изучение экранирующих свойств материалов» и «Изучение основных магнитных характеристик ферро- и ферромагнитных материалов». Данные лабораторные работы позволят на практике освоить студентам методы измерений основных электрофизических характеристик материалов, а также изучить основные закономерности их изменения при воздействии внешних факторов.

Литература:

1. Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. Электротехнические материалы: Учебник для вузов. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 304 с.
2. Дудкин А.Н., Ким В.С.. Электротехническое материаловедение: учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2004. – 198с.

ЯЗЫКИ ОПИСАНИЯ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ПЛИС ФИРМЫ ALTERA

Былина Е.Н.

Научный руководитель: Мальчуков А.Н., к.т.н., доцент каф. ВТ
Национально исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30
E-mail: selena_lluna@mail.ru

Введение

Электроника давно перешагнула тот рубеж, когда разработка цифровых схем требовала усилий огромных коллективов и серьезных финансовых вложений. Сейчас, когда существуют программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), разработка стала настолько простой, что сложнейшие схемы можно создавать за считанные часы силами одного инженера. Для этого в конце XX века были разработаны специальные языки описания аппаратуры.

Язык описания аппаратуры (англ. Hardware Description Language, HDL), является формальной записью, которая может быть использована на всех этапах разработки цифровых электронных систем. Это возможно потому, что язык легко воспринимается как машиной, так и человеком. Он может использоваться на этапах проектирования, верификации, синтеза и тестирования аппаратуры, также как и для передачи данных о проекте, его модификации и сопровождения. Важная особенность HDL в том, что все процессы выполняются не последовательно, как, например, в Си, а параллельно. Языки описания аппаратуры долгое время были прерогативой довольно узкого класса разработчиков специализированных интегральных схем. С появлением такой элементной базы, как ПЛИС, резко расширился круг пользователей, заинтересованных в использовании современных способов описания проекта.

Языки описания аппаратуры можно условно разделить на языки высокого и низкого уровня. К первым принято относить VHDL и Verilog HDL, ко вторым – AHDL, Abel HDL и ряд других. Языки высокого уровня позволяют обеспечить определенную мобильность описания при миграции на другую элементную базу, в то время как языки низкого уровня ориентированы на использование архитектурных особенностей ПЛИС конкретных производителей.

В настоящее время ПЛИС фирмы Altera поддерживают три языка описания аппаратуры: VHDL, Verilog и AHDL, которые мы рассмотрим подробнее.

VHDL

VHDL (англ. VHSIC (Very high speed integrated circuits) Hardware Description Language) появился в начале 80-х годов по заказу организации Министерства обороны США. Первая его версия, предназначенная в основном для унификации описаний проектов в различных ведомствах, была принята в 1985 году. В 1987 году язык VHDL был

принят Международным институтом IEEE как стандарт VHDL-87. Он использовался, главным образом, для описания (спецификации) уже спроектированных систем [1].

На этом языке возможно как поведенческое, так структурное и потоковое описание цифровых схем. Он используется во многих системах моделирования цифровых схем, проектирования программируемых логических интегральных микросхем, базовых матричных кристаллов, заказных интегральных микросхем.

Verilog

Verilog HDL – это язык описания аппаратуры, используемый для описания и моделирования электронных систем. Этот язык позволяет проектировать, верифицировать и реализовывать аналоговые, цифровые и смешанные электронные системы на различных уровнях абстракции. Был разработан фирмой Gateway Design Automation как внутренний язык симуляции. Cadence приобрела Gateway в 1989 году и открыла Verilog для общественного использования. В 1995 году был определен стандарт языка — Verilog LRM (Language Reference Manual), IEEE1364-1995. Таким образом, датой появления языка Verilog следует считать 1995 год [1].

AHDL

Язык описания аппаратуры AHDL (Altera Hardware Description Language) был разработан фирмой Altera и относится к языкам описания аппаратуры низкого уровня. Он предназначен для описания комбинационных и последовательностных логических устройств, групповых операций, цифровых автоматов и таблиц истинности с учетом архитектурных особенностей ПЛИС фирмы Altera.

Операторы и элементы языка AHDL являются достаточным и универсальным средством описания алгоритмов функционирования цифровых устройств, удобным в использовании. Он дает возможность создавать иерархические проекты в рамках одного этого языка или же использовать в иерархическом проекте как TDF-файлы (Text Design Files), разработанные на языке AHDL, так и другие типы файлов [2].

Сравнение языков описания аппаратуры

Несмотря на похожие названия Verilog HDL и VHDL – это разные языки. Verilog – достаточно простой язык, сходный с языком программирования Си – как по синтаксису, так и по "идеологии". Малое количество служебных

слов і прастота асноўных канструкцый упрощаюць вывучэнне і дазваляюць выкарыстоўваць Verilog у мэтах навучэння. Але ў тое ж час гэта эфектыўны і спецыялізаваны мовы. У сваю чаргу VHDL валодае большай універсальнасцю і можа быць выкарыстаны не толькі для апісання мадэляў лічбавых электронных схем, але і для іншых мадэляў. Аднак з-за сваіх пашыраных магчымасцей VHDL праігравае ў эфектыўнасці і прастаце, гэта ёсць на апісанне адной і той жа канструкцыі ў Verilog патрабуецца ў 3-4 разы менш сімвалаў (ASCII), чым у VHDL.

Аба мовы падтрымліваюцца ў якасці стандартаў з большым колькасцю праграмных прадуктаў, у тым ліку і open source, у вобласці сістэм аўтаматызаванага праектавання (САПР). Існуюць і кампілятары, і сімулятары для абодвух моў, у тым ліку, напрыклад, і з першай мовы на другую. Імена гэтыя мовы выкарыстоўваюцца пры праектаванні (з дапамогай сучасных сродкаў САПР вядучымі вытворцамі FPGA) не толькі саміх СБИС, але і гатовых модуляў (ядэр), мегафункцый, прызначаных для рашэння дастаткова складаных задач апрацоўкі сігналаў.

Мова AHDL ў параўнанні з мовамі VHDL і Verilog мае некаторыя падобнасці з імі, як па каманднаму базісу, так і па магчымасці апісання лічбавых сістэм і ПЛІС. Адрозненне паміж імі складаецца ў тым, што VHDL і Verilog ствараліся як мовы апісання лічбавых уладарстваў зусім, а AHDL арыентаваны на ПЛІС і іншыя мікрасхемы фірмы Altera. Гэта значыць, што ён мае больш узкую «спецыяльнасць», але, паколькі ён створаны для мікрасхем з вызначанай архітэктурай, гэта дазваляе больш поўна выкарыстоўваць яго асаблівасці.

Такім чынам, з пункту гледжання задачы мадэлявання уладарстваў, мовы VHDL і AHDL і САПР на іх аснове забяспечваюць лагічны разлік на ранніх этапах праектавання. Гэтыя мовы прыгодны таксама для мадэлявання лічбавых мікрасхем. Іх асаблівасцямі з'яўляюцца нагляднасць і параўнальная прастота, шырокая распаўсюджанасць і універсальнасць. Гэтыя мовы не прызначаны для разліку электрычных схем будучага лічбавога вузла, але без правядзення адладкі функцыянавання сродкамі САПР з выкарыстаннем HDL і іншых падобных моў стварэнне складаных уладарстваў становіцца вельмі складаным. Магчымасць правядзення мадэлявання лічбавога вузла на стадыі іх праектавання – неспрэчана практычная карысць і несумнівае годнасць HDL.

Праблема ў выбары мовы апісання апаратуры для рэалізацыі праектаў на ПЛІС фірмы Altera заключаецца ў тым, што ў адкрытых крыніцах няма даследаванняў на тэму

эфектыўнасці выкарыстання рэсурсаў тым ці іншым мовай апісання апаратуры пры праектаванні лічбавога уладарства.

Выкарыстанне моў апісання апаратуры на макеце SDK-6.1

Навучны лабараторны комплекс SDK-6.1 прызначаны для навучэння асновам праектавання сучасных электронных модуляў на базе мікрасхем праграміруемай лагікі сярняй і большай ступені інтэграцыі. Ён мае рухавыя пераключальнікі, святодыды, кнопкі, двустрачны жідкократалічыны індэкатар і паслядоўнасны порт. У ім выкарыстаны папулярныя ПЛІС фірмы Altera сямейства Cyclone [3].

Навучна-лабараторны стэнд SDK-6.1 дазволіць на базе рэалізацыі аднаго і таго ж праекта, але з выкарыстаннем розных моў апісання апаратуры, вызначыць асаблівасці рэалізацыі тых ці іншых уладарстваў мовамі апісання апаратуры. У канечнай стадыі праектавання уладарства з дапамогай САПР фірмы Altera (Quartus II) магчыма будзе параўнаць праекты на розных мовах апісання апаратуры па выдатку апаратных рэсурсаў (элемент рэгістравай лагікі (трыггера) і універсальнага чатырхвходовага лагічнага элемента) ПЛІС, а таксама параўнаць іх па часавым зацэпкам праходжэння сігналу праз блочы.

Вывод

Мовы апісання апаратуры шырока выкарыстоўваюцца пры праектаванні лічбавых уладарстваў на сучаснай элементнай базе – ПЛІС, аднак няма чёткага разумення якой жа мовы выбраць для праектавання уладарстваў. Разглядаемыя ў рабоце мовы апісання апаратуры адрозніваюцца адна ад аднаго не толькі сінтаксісам і магчымасцямі, але і розным выдаткам апаратных рэсурсаў ПЛІС і магчыма рознай часавым зацэпкам. Для вызначэння такіх асаблівасцей неабходна правесці даследаванне на гэту тэму.

Літаратура

1. Асаблівасці моў апісання архітэктуры Verilog і VHDL [Электронны рэсурс]. – Рэжым даступа: <http://parallel.ru/fpga/hdl.html>, свабодны.
2. Мовы апісання апаратуры: сінтаксіс і асаблівасці прымянення [Электронны рэсурс]. – Рэжым даступа: <http://radiolubytel.narod.ru/Design/sceem/Shemotechnics/gl3/3-1.html>, свабодны.
3. Комплекс навучна лабараторны SDK-6.1. Рукраводства карыстальніка [Электронны рэсурс]. – Рэжым даступа: http://embedded.ifmo.ru/sdk/sdk61/doc/sdk61_usermanual.pdf, свабодны.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА РАЗБИЕНИЯ МНОЖЕСТВА ОБЪЕКТОВ НА ПОДМНОЖЕСТВА С ЗАДАНЫМ ИНТЕРВАЛОМ МОЩНОСТЕЙ

Вальт И.В., Погребной А.В.

Научный руководитель: Погребной А.В., доцент каф. ИПС

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: valt.igor@sibmail.com

Введение

В данной работе изложен метод решения задачи разбиения множества объектов на основе выделения естественных и относительных скоплений. В основе данного метода лежит понятие компактного множества, т.е. множества с наиболее высокой оценкой компактности, определяемой величиной L равной минимальной сумме расстояний между вершинами множества [1]. Компактные множества положены в основу разработки метода разбиения совокупности объектов на подмножества с различной мощностью.

Множество объектов, которые необходимо разбить на подмножества, располагаются в координатной плоскости, называемой топологическим полем. На данном поле каждый объект представлен в виде точки с заданными координатами (x, y) . На топологическое поле решается задача выделения естественных и относительных скоплений. Естественные скопления отражают неравномерность расположения объектов на топологическом поле и определяются вне зависимости от решения задачи разбиения на подмножества, а относительные отличаются более высокой плотностью расположения объектов относительно ближайшего окружения. Для выявления естественных скоплений можно использовать математический метод выделения компактных множеств [2].

Изложение метода

Представим метод решения задачи разбиения на основе выделения естественных и относительных скоплений.

После размещения объектов на топологическом поле, необходимо произвести формирование компактных множеств, с заданной мощностью g . Определяем оценку компактности R , вычисляемую относительно центра множества, как сумму расстояний от каждой из вершин до центра [3]. Помимо этого определим число вхождений каждого из объектов топологического поля в полученные компактные множества, используя функцию плотности скоплений F [2]. С помощью полученных значений можно построить функцию F^* , выполнив аппроксимацию. Полученный график функции будет изображен в виде холмистой поверхности. При уменьшении на единицу всех значений функции F , график функции в некоторых местах будет проходить

точно по оси x , т.е. холмистая поверхность представится в виде островов. Выделенные острова можно принять в качестве скоплений, а объекты, оказавшиеся удаленными, присоединяются к скоплениям наименьшего от них удаления. Соответственно, выделенные скопления являются результатом решения задачи свободного разбиения множества на подмножества. Описанные действия являются этапом первоначального анализа характера распределения существующих объектов на топологическом поле.

Для формирования подмножеств в заданном интервале мощностей необходимо ввести следующие переменные: C (число подмножеств) и интервал допустимых мощностей $[a, b]$, которые задаются в зависимости от требований. Также введем граф G парных пересечений компактных множеств, вершины которого соответствуют объектам, относительно которых построены компактные множества. Опишем данный алгоритм с учетом некоторых дополнительных изменений.

По заданным ограничениям C и $[a, b]$, определяем средний размер мощности множеств разбиения. Формируем компактные множества мощностью в интервале $[3, a]$. Используя функцию F и выделение компонент связности графа G , выполняется поиск естественных скоплений. Если мощность естественного скопления укладывается в интервал $[a, b]$, то оно заносится в разложение [2], замещающая его элементы, а незамещенные элементы изменяются таким образом, чтобы сумма элементов была равна количеству объектов в подмножестве. Если же естественные скопления отсутствуют (граф G содержит только одну компоненту связности или мощность естественных скоплений $> b$), то компоненту связности необходимо разбить, используя метод изложенный в [3]. После этого, для образовавшихся естественных скоплений и выделенных на основе разрезания, определяются центры присоединения автономных объектов к центрам.

Алгоритмизация метода

Программная реализация приведенного выше алгоритма предусматривает более детальную алгоритмизацию этапов и участие пользователя в интерактивном режиме. Представим алгоритмизацию метода с учетом программной реализации.

1. Пользователь размещает на координатной плоскости точки с определенными координатами, соответствующие объектам рассматриваемой системы.

2. Пользователь задает количество подмножеств C , а также интервал допустимых мощностей $[a, b]$ для определения минимального и максимального числа объектов, входящих в подмножества. Кроме того, пользователь определяет значение g в диапазоне от трех до величины заданной нижней границы интервала мощностей.

3. Вычисляются средние мощности подмножеств разбиения с учетом введенных данных по формуле $n_0(C-k)+(n_0+1)k$, где n – число объектов, n_0 – целая часть величины n/C , а $k=n-n_0C$.

4. Выполняется формирование компактных множеств $Q_i(g)$ [3].

5. Определяется наличие естественных скоплений с использованием функции F_i :

5.1. Выполняется наглядное построение функции F_i в виде криволинейной поверхности.

5.2. При наличии естественных скоплений, удовлетворяющих интервалу $[a, b]$, они принимаются в качестве подмножеств. Соответствующие объекты исключаются из топологического поля.

5.3. Все значения функции F_i уменьшаются на единицу.

5.4. Минимальные значения функции оказываются “потерянными”. Между ними располагаются скопления. Выделенные скопления исключаются из общего множества.

5.5. Пока какие-либо значения функции $F_i > 0$ выполнять шаги 5.3 и 5.4, иначе перейти к шагу 5.6.

5.6. Если мощность естественных скоплений укладывается в интервал $[a, b]$, то данные скопления заносятся в разложение, замещая его элементы.

5.7. Если мощность естественных скоплений больше значения b или граф G состоит из одной компоненты связности, т.е. естественные скопления вообще отсутствуют, то компонента связности подлежит разрезанию.

6. Выполняется разбиение компонент связности и графа G с использованием матричного алгоритма разрезания графов на минимально связанные подграфы [4]. Причем, если разрезается компонента связности, то используются незамещенные элементы скорректированного разложения из предыдущего шага.

7. Выполняется определение центров естественных скоплений и скоплений, полученных в результате разрезания. Центры определяются как сумма координат всех объектов,

входящих в подмножество, деленное на количество объектов подмножества.

8. Выполняется присоединение “потерянных” объектов из шага 5 по критерию минимального удаления данных объектов от центров подмножеств. Если же “потерянные” объекты отсутствуют, то работа алгоритма завершается.

В результате работы данного алгоритма выполняется разбиение исходного множества объектов на подмножества с заданным изначально интервалом мощностей. В настоящее время осуществляется программная реализация данного алгоритма.

Возможности по совершенствованию алгоритма

Несмотря на то, что данный алгоритм является весьма эффективным, существуют немалые возможности для дальнейшего его улучшения. Одним из них является ввод дополнительных характеристических свойств объектов и, соответственно, распределение на подмножества на основании учета данных свойств внутри подмножества, т.е. это использование простейшей классификации. Помимо этого, возможно использование числа Стирлинга второго рода из n по k , которое обозначается в виде $S(n, k)$, т.е. количество неупорядоченных разбиений n -элементного множества на k -непустых подмножеств, а также введение различного рода оценок для улучшения разбиения.

Список литературы:

1. Погребной Ал.В., Погребной Ан.В. Алгоритм решения задачи компактного разбиения множества объектов территориально распределенной системы // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317. – № 5. – С. 22–28.
2. Погребной Ал.В., Погребной В. К. Задача разбиения множества объектов территориально распределенной системы на подмножества неравной мощности. // Томский политехнический университет – 2012.
3. Погребной Ал.В. Определение нижней границы оценки компактности для топологических разбиений // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319. – № 5. – С. 27–32.
4. Погребной Ал.В., Погребной Д.В. Исследование матричного алгоритма решения задачи разрезания графов // Молодежь и современные информационные технологии: Труды VIII Всеросс. научно-практ. конф. молодых ученых. – Томск, 2010. – С. 140–148.

ИЗУЧЕНИЕ ФРЕЙМВОРКА PHONEGAP НА ПРИМЕРЕ СОЗДАНИЯ ПЛАГИНА ПУШ НОТИФИКАЦИЙ В BLACKBERRY OS 6

Галимбикова О.Н.

Научный руководитель: Кочегурова Е.А. доцент

Томский политехнический университет 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

e-mail: Ok_sanka@tambo.ru

Создание приложений для мобильных устройств - это процесс, при котором приложения разрабатываются для небольших портативных устройств, таких как: КПК, смартфоны или сотовые телефоны [1]. Обычно, приложения разрабатываются и в дальнейшем могут использоваться лишь на определенной мобильной платформе (Android, iOS, Windows Phone и т.д.). Однако, в настоящее время, все большую популярность приобретает кроссплатформенная разработка мобильных приложений.

Для обеспечения кроссплатформенности приложения существуют различные средства. Наиболее популярные: PhoneGap, Titanium и Rhodes. PhoneGap - это бесплатный фреймворк с открытым исходным кодом для разработки мобильных приложений, позволяющий создавать iOS, Android, Windows Phone, BlackBerry, Bada, Symbian, webOS приложения на HTML с использованием JavaScript и CSS. PhoneGap поддерживает больше мобильных платформ, чем Titanium, который позиционируется только для iPhone и Android. Однако PhoneGap не вставляет родной интерфейс устройства в JavaScript в то время как Titanium имеет продвинутый UI API и может создавать все виды родных для устройства элементов управления. Таким образом, приложения на Titanium выглядят более родными, чем приложения на PhoneGap [1]. Что же касается Rhodes, то он поддерживает те же устройства, что и PhoneGap. Кроме того, может запускаться даже под win32 для тестовых целей. Вместе с Rhodes поставляется RhoSync - библиотека для хранения данных приложения на сервере посредством web-сервисов. Но это не значит, что web-сервисами не могут воспользоваться PhoneGap и Titanium [2]. Дальнейшее рассмотрение кроссплатформенной разработки мобильных приложений будет связано только с фреймворком PhoneGap.

Процесс написания мобильного приложения происходит по аналогии с написанием обычного сайта или веб-сервиса. В свою очередь PhoneGap расширяет API браузера, добавляя возможность взаимодействовать с акселерометром, камерой, компасом, контактами, файлами, медиа, сетью, уведомлениями и хранением данных [3].

К достоинствам фреймворка можно отнести [2]:

1. написание одного кода для всех платформ;
2. использование только HTML, JavaScript и CSS, то есть знание Objective-C, Java или других языков программирования не является критичным;

3. идентичная работа созданных приложений на всех платформах.

Но также есть и ряд недостатков, на которые стоит обратить внимание [2]:

1. PhoneGap поддерживает не все возможности той или иной ОС;
2. новые возможности, которые появляются в определенной ОС могут не появиться в PhoneGap;
3. приложения на разных платформах выглядят одинаково, то есть отсутствует возможность использовать элементы управления, которые приняты в системе по умолчанию.

В связи с вышеперечисленными недостатками, при разработке кроссплатформенных мобильных приложений часто приходится прибегать к созданию плагинов. Плагин является связующим звеном между WebView, в котором выполняется приложение, и нативными возможностями платформы. Плагин предоставляет JavaScript интерфейс, единый для всех платформ. Если проводить аналогию с интерфейсом и имплементацией интерфейса (Java), то файл с JavaScript является интерфейсом в котором лишь объявлены некоторые методы, в то время как реализации данного интерфейса являются различными для каждой отдельно взятой платформы [3]. Для того чтобы создать BlackBerry плагин необходимо:

1. создать JavaScript файл и объявить в нем переменные и функции, которые будут использоваться при непосредственном использовании плагина в PhoneGap;
2. создать Java класс наследованный от класса:
`org.apache.cordova.api.Plugin`, реализовав метод:
`public PluginResult execute(String action, JSONArray args, String callbackId).`

В процессе изучения данной темы был рассмотрен процесс разработки BlackBerry плагина, который позволяет принимать пуш нотификации на BlackBerry при программировании в PhoneGap. На рисунке 1 представлен фрагмент кода из JavaScript файла:

```
AzcPush.prototype.registerDevice =  
    function (url,port,appId) {  
        cordova.exec(function(winParam) {},  
            function(error) {},  
            "AzcPush",  
            "registerDevice",  
            [ url,port,appId]);  
    };
```

Рис. 1. Фрагмент кода из JavaScript файла

Здесь объявлена функция `registerDevice` с тремя аргументами `url`, `port`, `appId`, которая вызывает функцию `cordova.exec`. Рассмотрим подробнее параметры:

1. `function(winParam) {}` - это callback (функция обратного вызова), который вызывается в случае успешного выполнения функции `exec`;
2. `function(error) {}` - это callback, который вызывается в случае ошибки при выполнении функции `exec`;
3. `"AzcPush"` - это название класса, к которому будет обращаться функция `cordova`;
4. `"registerDevice"` - это название метода в классе `AzcPush`, который будет вызывать функцию `cordova`;
5. `[url,port,appId]` - это аргументы которые будут переданы в функцию `registerDevice`.

Далее приведен пример объявления плагина в файле `plugins.xml`:

```
<plugin name="azcPush"  
    value="org.apache.cordova.plugins.azcpush.AzcPush"/>
```

И затем, представлен код из Java файла:

```
public class AzcPush extends Plugin {  
    private final static String  
ACTION_REGISTER_DEVICE =  
"registerDevice";  
    private final static String TAG  
= "AzcPush: ";  
    private String callbackId =  
null;  
  
    public PluginResult  
execute(String action, JSONArray args,  
String callbackId) {  
        PluginResult result;  
        if  
(ACTION_REGISTER_DEVICE.equals(action)  
) {  
            this.callbackId =  
callbackId;  
            result =  
registerDevice(args);  
        } else {
```

```
            result = new  
PluginResult(PluginResult.Status.INVALID  
ID_ACTION, TAG  
            + "Invalid action:"  
            + action);  
        }  
        return result;  
    }  
    private PluginResult  
registerDevice(JSONArray args) {  
        return new  
PluginResult(PluginResult.Status.OK,  
            "");  
    }  
}
```

Рассмотрим процесс взаимодействия между JavaScript и JAVA. При обращении из PhoneGap к функции `window.plugins.AzcPush.registerDevice("http://bb.com","2050","appId")` происходит вызов функции `registerDevice` из JavaScript файла, которая в свою очередь, вызывает функцию `cordova.exec` с нужными аргументами. Затем функция `cordova` осуществляет поиск плагина с названием `AzcPush` по адресу `org.apache.cordova.plugins.azcpush.AzcPush`. И, наконец, в JAVA классе `AzcPush` вызывается метод `execute`.

В ходе выполнения поставленной задачи были выявлены некоторые трудности при работе с PhoneGap:

1. процесс компиляции и сборки проекта, подписи приложения происходит в командной строке и требует некоторого времени для понимания;
2. при компиляции ошибки проверяются только в JAVA файлах. Ошибки в HTML, JavaScript можно увидеть лишь при запуске приложения;
3. нет удобного инструмента для отладки приложения.

Таким образом, PhoneGap предоставляет пользователю широкий спектр возможностей для разработки кроссплатформенных мобильных приложений, а также инструменты для усовершенствования стандартного функционала фреймворка. И, не смотря на свои недостатки, имеет хороший потенциал для дальнейшего развития.

Список литературы:

1. Википедия - свободная энциклопедия [Электронный ресурс] – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/PhoneGap> (дата обращения 02.02.2013) .
2. Andrew Lunny. PhoneGap Beginner's Guide.: Packt Publishing, 2011.
3. Munro J. 20 Recipes for Programming PhoneGap: Cross-Platform Mobile Development for Android and iPhone.: O'Reilly Media, 2012.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕЙТИНГОВАНИЯ СТУДЕНТОВ В ВУЗЕ

Гельфрих А.С.

Научный руководитель: Важдаев А.Н., ст. преподаватель
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652000, г.Юрга, ул.Ленинградская, 26
E-mail: tolik_24_90@mail.ru

В современном обществе, для успешной деятельности предприятия, необходимо владеть качественной, оперативной и достоверной информацией.

Процесс обработки информации раньше занимала много времени, был утомительным и не исключал ошибки. Теперь на помощь приходят программные продукты, которые помогают ускорить и автоматизировать этот процесс, упростить работу сотрудников, а также исключить вероятность появления ошибок [3].

Данные о деятельности студентов ВУЗа не автоматизированы, и вся работа выполняется на бумажных носителях. Для сбора, учета и контроля этих данных необходимо создать и внедрить информационную систему рейтингования студентов, которая автоматизирует процесс работы сотрудников учебного заведения [1].

Рейтинг – это индивидуальный числовой показатель оценки учебной успеваемости, научных, спортивных, культурно-творческих или социальных достижений студента в классификационном списке (рейтинг-лист).

Целью разработки данного проекта является создание системы для своевременного сбора, учета и контроля над деятельностью студентов в процессе их обучения. Создаваемая информационная система позволит повысить эффективность управления вузом и обеспечит рейтинг бал по каждому студенту.

Данная информационная система реализована при помощи программного продукта «1С: Предприятие 8.2», так как упомянутый программный продукт удовлетворяет требованиям, предъявляемым к разрабатываемой информационной системе.

Комплексная система рейтингования студентов в вузе – это система, позволяющая вести контроль всех видов учебной, научной, спортивной, культурно-творческой и социальной деятельности студента в ВУЗе.

Функции, реализованные в рассматриваемой предметной области:

– получение, обработка, накопление и представление информации о состоянии дел по различным видам деятельности в разрезе студента, группы, потока, за определенный промежуток времени (семестр, год, несколько лет);

– анализ по всем формам участия студента в научных, спортивных и культурно-творческих мероприятиях;

– итоговый комплексный рейтинг студента по направлению учебной, научной, спортивной, культурно-творческой деятельности является определяющим фактором при решении вопроса о назначении выплаты дополнительной стипендии;

– составление общего рейтинга студентов на основе комплексной оценки их деятельности;

– выявление лидеров и отстающих студентов.

В рейтинговой системе оценки студентов установлен перечень критериев, таких как: оценка, прохождение итогового контроля (дисциплина, сданная в срок либо с опозданием), форма итогового контроля, статус научного мероприятия, статус спортивного мероприятия, статус культурно-творческого мероприятия, призовое место, статус деятельности студента (староста, профорг и т.д.). Как было упомянуто выше, все они оцениваются в баллах.

Так же данная система будет использоваться управляющим персоналом. Они могут вносить предложения по совершенствованию организации применения и содержанию рейтинговой системы и систематически анализировать результаты применения рейтинговой системы, по окончании учебного семестра, года, нескольких лет.

Для оптимальной работы информационной системы необходимо, чтобы были заполнены все справочники и документы, так как вся необходимая информация берется из них.

Алгоритмы, функции и параметры программы сравнительно легко адаптированы под изменяющиеся условия, следовательно, в дальнейшем система может получить развитие в виде новых и улучшенных версий [4,5].

Для функционирования любой программы необходимо создать ряд объектов информационной системы. В данном случае это справочники, документы, перечисления, отчеты, регистры сведений и накоплений.

Справочники в системе:

1) Справочник «Физическое лицо» – предназначен для хранения индивидуальной информации.

2) Справочник «Кафедры» – предназначен для хранения списка кафедр ВУЗа.

3) Справочник «Специальности» – предназначен для хранения списка специальностей ВУЗа.

4) Справочник «Группы» – предназначен для списка групп студентов обучающихся в ВУЗе.

5) Справочник «Дисциплины» – предназначен для хранения списка дисциплин преподаваемых в ВУЗе.

6) Справочник «Конференции» – предназначен для хранения списка конференций проводившихся в ВУЗе.

7) Справочник «Спортивные соревнования» – предназначен для хранения списка соревнований проводившихся в ВУЗе.

8)

Документы в системе:

1) Документ «Приказ о зачислении» – предназначен для зачисления студентов в ВУЗ.

2) Документ «Учебная успеваемость» – предназначен для хранения данных об успеваемости того или иного студента ВУЗа.

3) Документ «Научная деятельность» – предназначен для хранения данных о научной деятельности того или иного студента ВУЗа.

4) Документ «Соревнования» – предназначен для хранения данных о проводившихся соревнованиях с участием того или иного студента ВУЗа.

5) Документ «Творческая деятельность» – предназначен для хранения данных об участие в культурно-творческой деятельности того или иного студента ВУЗа.

Отчет в системе

Отчет «Рейтингование» – позволяет на основании выбранной группы и проведенным документам «Учебная успеваемость», «Научная деятельность», «Соревнования», «Творчество» и «Социальный статус» сформировать отчет «Рейтингование».

Форма отчета «Рейтингование» представлена на рисунке 1.

Группа	Успеваемость	Научная деятельность	Соревнования	Творчество	Социальный статус	Итоговый балл
17821 (2012 г.)						
1 Иванов Валентин Иванович	55	13	6	8	3	85
2 Глазун Максим Егорович	55	8	8			71
3 Берляев Анатоль Павлович	50			10		60
4 Бяков Леонид Андреевич	45					45

Рисунок 1. Отчет «Рейтингование»

В модуле данного отчета содержится процедура – Процедура Сформировать(), которая перебирая необходимые в системе документы, выбирает из них соответствующую

показатели, присваивает им бал и суммируя его [2].

Помимо вышеперечисленных справочников и документов в системе были созданы регистры, которые хранят информацию о зачисленных студентах, о балльной системе, о творчестве студентов, о социальном статусе и о баллах.

Регистр Сведений: Студенты; Балльная система; Творчество студентов; Социальный статус.

Регистр Накоплений: Баллы.

Созданная конфигурация 1С: Предприятие данной предметной области позволила автоматизировать работу деятельности сотрудников вуза. В конфигурации были созданы справочники, документы и механизмы отчетов, позволяющие оптимально вести образовательную деятельность. При создании системы была предусмотрена возможность хранения данных физического лица, а так же об учебной успеваемости, научной деятельности, спортивных соревнованиях, культурно-творческой деятельности и социальной активности.

В системе был сформирован механизм отчетности, что позволило по запросу пользователя получать необходимый отчет. В конфигурации разработан отчет «Рейтингование».

В будущем программа будет дорабатываться, в нее будут встраиваться более сложные механизмы для рейтингования. Так же программа будет производить рейтингование не только студентов но и преподавателей.

Литература:

1 А.Н. Важаев Технология создания информационных систем в среде 1С:Предприятие: учебное пособие / А.Н. Важаев. – Юрга: Издательство Юргинского технологического института (филиал) Томского политехнического университета, 2007. – 132 с.

2 М.Г. Радченко 1С Предприятие 8.2 Практическое пособие разработчика. – Москва: Издательство ООО «1С-Паблишинг», 2009. – 874 с.

3 Р.М. Райордан Основы реляционных баз данных. – Москва: «Русская редакция», 2005. – 384с.

4 Отдел единой автоматизированной информационной системы университета. [Режим доступа]: <http://www.altstu.ru/structure/unit/oais/> (дата обращения: 14.02.2013).

5 Информационно-коммуникационная технология комплексного управления деятельностью студентов. [Режим доступа]: <http://www.swsys.ru/index.php?page=article&id=2786/> (дата обращения: 14.02.2013).

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ СХЕМЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ПАССИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ СВЧ МОНОЛИТНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Горяинов А.Е., Добуш И.М.

Научный руководитель: Бабак Л.И., доцент

Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники,

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40

E-mail: goryainov.alex@gmail.com

Разработке моделей активных и пассивных компонентов сверхвысокочастотных (СВЧ) монолитных интегральных схем (МИС) посвящено большое количество работ. Одним из видов моделей пассивных компонентов СВЧ МИС, получившим широкое распространение в системах автоматизированного проектирования (САПР), являются модели в виде эквивалентных схем (ЭС). Основным подходом к построению ЭС-моделей является метод экстракции, который состоит в поиске значений элементов ЭС выбранной структуры таким образом, чтобы в заданной полосе частот воспроизвести требуемые электрические характеристики СВЧ компонента (например, измеренные S -параметры).

Существует три основных подхода к решению задачи экстракции элементов ЭС: прямая экстракция; параметрическая оптимизация и комбинированный подход.

При использовании прямой экстракции элементы ЭС находятся из решения системы уравнений, полученной приравнением аналитических выражений для моделируемых характеристик компонента заданным (измеренным) значениям в заранее указанных частотных точках.

Суть оптимизационного метода заключается в минимизации отклонений Z -, Y - или S -параметров ЭС-модели от измеренных значений на выбранных фиксированных частотах при варьировании значений элементов ЭС.

Комбинированный подход сочетает методы экстракции и параметрического синтеза. На первом этапе значения элементов ЭС находятся при помощи методов прямой экстракции; на втором этапе производится уточнение значений элементов с помощью оптимизационных процедур.

Преимущества и недостатки прямой экстракции и комбинированного подхода, а также примеры их использования приведены в работах [1].

Целью настоящей работы является реализация методики параметрической оптимизации элементов ЭС в программном модуле *Extraction-P* [2, 3], предназначенном для построения моделей пассивных компонентов СВЧ МИС.

Описание программного модуля. Согласно процессу экстракции параметров ЭС в программе *Extraction-P* [2], на первом этапе пользователю предлагается выбрать из списка тип и структуру ЭС пассивного компонента СВЧ МИС, модель которого необходимо построить, а также загрузить измеренные S -параметры в формате *Touchstone*.

На втором этапе пользователь переходит в окно методики параметрической оптимизации, которое состоит из двух панелей. Первая панель (рис. 1) предназначена для задания начального приближения и диапазонов варьирования значений элементов ЭС, вторая панель (рис. 2) необходима для задания настроек выбранного метода оптимизации.

Param	Min	Value	Max
R, [Ohm]	0	7.5	15
L, [nH]	0	7.5	15
C, [pF]	0	7.5	15
R1, [Ohm]	0	7.5	15
R2, [Ohm]	0	7.5	15
C1, [pF]	0	7.5	15
C2, [pF]	0	7.5	15

Рис. 1. Панель задания диапазонов варьирования искомых элементов ЭС компонента СВЧ МИС

Filename	R, [O...	L, [nH]	C, [pF]
VerificationCapa...	2.999...	0.180...	4.000...
VerificationCapa...	2.999...	0.180...	4.000...
VerificationCapa...	2.999...	0.180...	4.000...
VerificationCapa...	2.999...	0.180...	4.000...
VerificationCapa...	2.999...	0.180...	4.000...
VerificationCapa...	2.999...	0.180...	4.000...

Рис. 2. Панель настроек параметрической оптимизации

После выбора файла измерений и задания диапазонов варьирования элементов ЭС пассивного

компонента СВЧ МИС, пользователю необходимо определить метод оптимизации и его настройки. В настоящее время в программе *Extraction-P* реализовано два метода оптимизации: прямой метод Нелдера-Мида и стохастический метод дифференциальной эволюции. Стоит отметить, что в задачах экстракции с относительно сложной целевой функцией целесообразно использовать стохастические эволюционные алгоритмы оптимизации. Последним шагом является нажатие кнопки *Optimize* для начала оптимизации. Полученные в результате расчета значения элементов ЭС автоматически отобразятся в таблице *Optimized Parameters*.

Пример использования методики параметрической оптимизации в Extraction-P. В качестве примера рассмотрим расчёт ЭС монолитного МДМ-конденсатора величиной 4 пФ с заданными (типовыми) значениями паразитных элементов (рис. 3). Схема содержит семь искоемых параметров R, L, C, R_1, R_2, C_1 и C_2 .

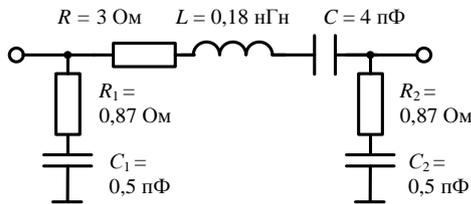


Рис. 3. ЭС МДМ-конденсатора

Для данной ЭС МДМ-конденсатора с указанными значениями элементов (рис. 3) 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.

Оптимизацию будем проводить для диапазонов варьирования и начального приближения, указанных на рис.1. В качестве метода оптимизации выбран метод дифференциальной эволюции [3] – эволюционный метод, предполагающий итеративное улучшение набора случайных решений до нахождения оптимального. Настройками данного метода являются коэффициент кроссовера F , принимаемый – 0,3 и количество решений (особей), участвующих в процессе оптимизации.

Так как количество искоемых переменных достаточно велико, количество особей увеличено до 500, а количество итераций до 300. В качестве критерия оптимальности выбрана суммирующая функция ($L1 Norm$). Время оптимизации данной ЭС составляет 45 с.

В табл. 1 представлены найденные с помощью реализованной методики параметрической оптимизации значения элементов ЭС МДМ-конденсатора в сравнении с исходными значениями и значениями, полученными с помощью комбинированной методики [3]. Повторяемость полученных значений проверена на 10 независимых запусках оптимизации.

Таблица 1. Значения элементов ЭС исходной и рассчитанных моделей МДМ-конденсатора

Элемент ЭС	Исходное значение	Комбинированная методика	Оптимизация
R (Ом)	3	3,000	3,00
L (нГн)	0,18	0,180	0,180
C (пФ)	4	4,000	4,000
R_1 (Ом)	0,87	0,870	0,870
R_2 (Ом)	0,87	0,870	0,869
C_1 (пФ)	0,5	0,500	0,500
C_2 (пФ)	0,5	0,501	0,501

Как видно из табл. 1 все значения элементов исходной и рассчитанной модели МДМ-конденсатора имеют хорошее совпадение, максимальная относительная ошибка расчета элементов ЭС не превышает 0,5%. При этом точность модели, полученная с использованием методики параметрической оптимизации сопоставима с моделью, полученной комбинированной методикой.

В заключении можно отметить, что реализованная методика параметрической оптимизации элементов ЭС в программе *Extraction-P* позволяет эффективно проводить построение моделей пассивных компонентов СВЧ МИС. Преимущества методики следующие: она универсальна, т.е. пригодна для ЭС любого вида; позволяет учесть отклонение характеристик модели от измеренных значений во всем рассматриваемом диапазоне частот; позволяет наложить дополнительные условия неотрицательности искоемых элементов ЭС.

К основным недостаткам метода относятся необходимость задания начального приближения, сильная зависимость от метода оптимизации и целевой функции, а также вероятна сходимость к «паразитным» локально-оптимальным решениям.

Литература

1. Добуш И.М., Черкашин М.В., Бабак Л.И. Программа экстракции эквивалентных схем пассивных СВЧ-компонентов в среде символьных вычислений // VII Международная научно-практическая конференция «Электронные средства и системы управления»: Матер. докладов (Томск, 10-11 нояб. 2011 г.). Томск: В-Спектр, 2011. С. 161–168.

2. Программа для экстракции параметров эквивалентных схем пассивных компонентов СВЧ монолитных интегральных схем / А.Е. Горяинов, А.В. Степачева, И.М. Добуш, Л.И. Бабак // Сб. трудов 22-ой Межд. Крымской конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». – Севастополь: Вебер, 2012. – Т. 1 – С. 129-130.

3. Программный модуль для построения моделей пассивных компонентов СВЧ монолитных интегральных схем на основе комбинированной методики экстракции/ А.Е. Горяинов, А.В. Степачева // Сб. тр. XVIII Междунар. науч.-пр. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии» (9-13 апр. 2012, Томск). Т.2. - Томск, Изд-во ТПУ, 2012. – С. 297-298.

АЛГОРИТМЫ ЛОКАЛЬНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Гофман А. К., Ботыгин И.А.

Научный руководитель: Ботыгин И.А., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина, 30

E-mail: alexandrdasgofman@gmail.com

Введение

В настоящее время очень актуальна цифровая обработка сигналов, т.е. преобразование сигналов, представленных в цифровой форме. В общем случае, обработка сигналов может быть осуществлена либо во временной, либо в частотной областях. Спектральный анализ – это один из методов обработки сигналов, который позволяет охарактеризовать именно частотный состав измеряемого сигнала [1]. Основой частотно-временной декомпозиции сигналов является преобразование Фурье. При обработке нестационарных сигналов или сигналов с разрывами используется математический базис представления сигналов с помощью вейвлетов. Математическая обработка частотно-временных преобразований реализована в пакетах расширения систем компьютерной математики MATLAB, Mathcad, Mathematica, Maple. Также можно найти много приложений в которых математический аппарат преобразования реализован на языках высокого уровня.

Виды математических аппаратов

Преобразование Фурье – это интегральное преобразование, которое раскладывает исходную функцию на базисные функции, в качестве которых выступают синусоидальные функции. Исходная функция представляется в виде интеграла синусоид различной частоты, амплитуды и фазы [2]. Преобразование Фурье используется во многих областях науки. Его применение основывается на линейности операторов преобразования с соответствующей нормализацией, обратимости преобразований. Преобразование Фурье обеспечивает эффективный способ вычисления, основанный на свёртке операций, таких как умножение многочленов и умножение больших чисел.

Дискретная версия преобразования Фурье – преобразование конечных последовательностей чисел, которое, как и в непрерывном случае, превращает свёртку в поточечное умножение. Используется в цифровой обработке сигналов и в других ситуациях, где необходимо быстро выполнять свёртку. Применяются алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Особенности БПФ являются:

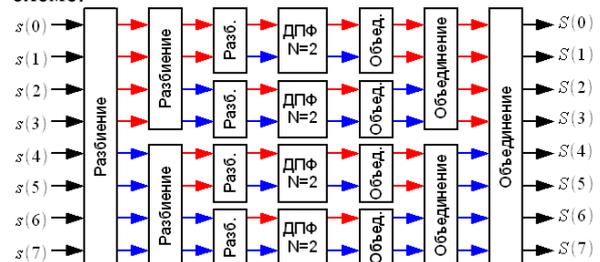
1. количество точек для БПФ должно быть пропорционально, а для большинства случаев равно $2N$, где N — целое число;
2. разрешение по частоте ΔF , получаемое при спектральном анализе с помощью БПФ, вычисляется по формуле: $\Delta F = F_s/M$, где M количество временных отсчетов сигнала, используемых для БПФ, F_s — частота

дискретизации. Частота дискретизации должна удовлетворять условиям теоремы Котельникова, то есть быть как минимум в 2 раза больше максимально необходимого для спектрального анализа частотного компонента входного сигнала.

Быстрое преобразование Фурье в реализации на вычислительной технике обладает свойством, которое представляет длину выборки равной $N = 2^L$. Формула по которой происходит БПФ приведена ниже:

$$S(k) = \sum_{n=0}^{N-1} s(n) \cdot \exp\left(-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{N} \cdot n \cdot k\right), \quad k=0..N-1$$

где $S(k)$ – комплексный отсчёт спектра, N – количество комплексного сложения и умножения. Разбиение на составляющие позволяет ускорить вычисление алгоритма, который представлен на схеме:



Для обратного БПФ используется приведённая ниже формула:

$$s(n) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=0}^{N-1} S(k) \cdot \exp\left(j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{N} \cdot n \cdot k\right), \quad n=0..N-1$$

Вейвлет-преобразование – это преобразование, в базисе солитонобразных функций двух аргументов: масштаба и сдвига [3]. Эти функции определённой формы, локальны по времени и по частоте. Все функции получаются из одной базовой, путём её сдвига или растягивания. После вейвлет преобразования некоторые величины исходного сигнала более поддаются изучению.

Непрерывное вейвлет преобразование (НВП) отображает вещественную функцию на всей временной оси. Преобразование исходного вейвлета строится на основе двух переменных, отвечающих за параллельный перенос и изменение масштаба.

НВП основывается на изменении выбранного вейвлета по двум параметрам и описывается по формуле:

$$Wx(b, a) = \frac{1}{a} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi\left(\frac{b-t}{a}\right) dt,$$

где $W_{a,b}$ – преобразованный вейвлет, а и b отвечают за сдвиг в базисе Ψ . Алгоритм вычисления выполняется несколькими этапами:

1. Выбор начальной частоты ($s=S_0$)
2. Происходит вычисление значения функции вейвлета Ψ^* , в точке дискретной временной серии
3. Перемножение полученных результатов на соответствующие значения на коэффициенты.
4. Суммирование полученного числового ряда для всего спектра частоты.
5. Получение результата вейвлет преобразования для пары чисел a,b.
6. Проверка условия перебора всего спектра при отрицательном переходим на следующую частоту, при положительном завершаем вычисления.

Так же как и в Фурье преобразовании, выделяют в вейвлет преобразовании дискретное вейвлет преобразование (ДВП). Это реализация вейвлет преобразования с использованием дискретного набора масштабов и переносов вейвлета, подчиняющихся некоторым определённым правилам. Другими словами, это преобразование раскладывает сигнал на взаимно ортогональный набор вейвлетов, что является основным отличием от НВП.

Дискретное вейвлет преобразование отличается от НВП тем что определено на конкретном участке, что значительно сокращает вычисления. Вычисления проводятся на основании выбранного вейвлета, основная формула:

$$U(N) = N + \sum_{m=1}^L S(m)K(m) = N + \sum_{m=1}^L N = N(\log_2 N + 1)$$

На основании данной формулы строятся итеративные вычисления:

На 1-ом уровне:

$$w_1^+(k) = x(2k) + x(2k+1)$$

$$w_1^-(k) = x(2k) - x(2k+1)$$

$$k = \overline{0, N/2-1} = \overline{0, K(1)}$$

На 2-ом уровне:

$$w_2^+(k) = w_1^+(2k) + w_1^+(2k+1) \quad k = \overline{0, K(2)-1}$$

$$w_2^-(k) = w_1^+(2k) - w_1^+(2k+1)$$

...

На L-ом уровне:

$$w_L^+(0) = w_{L-1}^+(0) + w_{L-1}^+(1) \quad k = \overline{0, K(L)-1} = 0$$

$$w_L^-(0) = w_{L-1}^+(0) - w_{L-1}^+(1)$$

Ещё одним видом математического аппарата частотно-временного преобразования является **чирплет преобразование**. Чирплет преобразование – это скалярное произведение входного сигнала с семейством элементарных математических функций, именуемых чирплетами [4]. Для того чтобы понять как получить чирплет необходимо понять что такое линейная частотная модуляция. Линейная частотная модуляция (ЛЧМ)

сигнала – это вид частотной модуляции, при которой частота несущего сигнала изменяется по линейному закону. Закон изменения приведён ниже:

$$f(t) = f_0 + b \cdot t, \quad -\frac{T_c}{2} \leq t \leq \frac{T_c}{2}$$

где $f_0 = (F_{\max} + F_{\min}) / 2$ – центральное значение несущей частоты; $b = (F_{\max} - F_{\min}) / T_c$ – база (крутизна изменения частоты) ЛЧМ сигнала; T_c – длительность сигнала; F_{\max} , F_{\min} – максимальное и минимальное значение частоты сигнала. Чирплеты получаются результатом умножения такого сигнала на выбранную область, что обеспечивает свойство локализованности во времени.

Практическая реализация.

Проводились эксперименты в среде Visual Studio. Целью которых было выделение спектра сигнала. Использовался вейвлет Хаара в реализации преобразования входного сигнала, представленного двумерной матрицей входного сигнала. В результате работы алгоритма получается два компонента сигнала, один из которых называется средним, а другой известен как разность. Ещё раз применяем алгоритм к получившемуся компонентам сигнала. Разделив сигнал на четыре компонента, получаем 4 двумерных матрицы. Каждая матрица позволяет выделить из входного сигнала составляющие, которые необходимы для анализа.

Тенденции.

Каждый метод имеет свои плюсы и минусы, однако для создания эффективной оценки необходимо сравнение всех возможных методов для удаления возможных ошибок или внезапных скачков вызванных сбоями работы аппаратуры. Точность данных методов зависит от дискретизации времени, выбора базисного вейвлета или количества разбиения, ошибка в выборе может нарушить работоспособность одного из методов. Для решения сложных и многомерных задач используют несколько алгоритмов для защиты от ошибок.

Список литературы

1. Марпл-младший С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения // Москва: Мир, 1990 г. – 265 с.
2. Smith, Steven W. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing, 2nd edition// San Diego: California Technical Publishing, 1999.
3. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам // И. Добеш. — Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2001. — 464 с.
4. S. Mann and S. Haykin, «The Chirplet transform: A generalization of Gabor's logon transform»// Proc. Vision Interface 1991, 205—212 (3—7 June 1991).

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ С ПРИОРИТЕТАМИ

Григорьева Т.Е.

Научный руководитель: Дмитриев В.М., д.т.н., профессор
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40.

E-mail: tanya_grig_1991@mail.ru

Сети Петри могут быть использованы для моделирования самых различных систем, в том числе аппаратного и программного обеспечения ЭВМ. Очевидно, что сети Петри могут адекватно анализировать разные системы, однако могут существовать такие системы, которые нельзя должным образом моделировать сетями Петри, т.е. мощность моделирования сетей Петри имеет пределы[1].

Применение классических подходов и добавление дополнительных атрибутов позволили разработать сети различной целевой направленности, получившие название **расширенные**[2].

Рассмотрим 2 вида расширенных сетей Петри: приоритетные и ингибиторные.

В приоритетных сетях вводят приоритеты срабатывания переходов. Если несколько переходов являются разрешенными, то срабатывает тот из них, который имеет наивысший приоритет. Такие сети используются для моделирования в техногенных и информационных сферах.

Для моделирования сетей Петри предлагается использовать метод компонентных цепей [3], который предполагает выделение компонентов систем и построение их моделей.

Конкретно для моделирования приоритетных сетей в среде моделирования МАРС [4] определен следующий набор компонентов: «Генератор фишек с приоритетами», «Очередь с приоритетами», «Оператор», «Хранилище фишек».

Компонент «Генератор фишек с приоритетами» имеет следующее графическое представление (рис. 1)



Рис.1. Компонент «Генератор фишек с приоритетами»

и математическую модель:

$$V_{n2} = \begin{cases} \text{приоритет} = 1, \text{ если } t = \Delta T \cdot n \\ \text{приоритет} = 0, \text{ если } t \neq \Delta T \cdot n \end{cases}$$

$$n = \begin{cases} n \text{ если } t \neq \Delta T \cdot n \\ (n+1) \text{ если } t = \Delta T \cdot n \end{cases} \quad h = \Delta t$$

где V_{n2} – фишки с приоритетами (внешняя переменная); n – количество фишек с приоритетами (внутренняя переменная); ΔT – промежуток времени, через который поступают фишки (параметр); t – текущее время и h – шаг моделирования (системные параметры).

Алгоритм работы компонента «Генератор фишек с приоритетами»: Данный компонент подает по 1 фишке с приоритетами через определенный промежуток времени, которые можно задать в свойствах компонента.

Компонент «Очередь с приоритетами» имеет следующее графическое представление (рис.2)

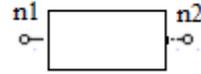


Рис.2. Компонент «Очередь с приоритетами» и математическую модель:

$$count(h+1) = \begin{cases} count(h+1) \text{ если } V_{n1} = 1 \\ count(h) \text{ если } V_{n1} = 0 \end{cases}$$

$$count(h+1) = \begin{cases} count(h) - 1 \text{ если } V_{n2} = 0 \\ count(h) \text{ если } V_{n2} = 1 \end{cases}$$

$$V_{n2}(t+h) = \begin{cases} 1 \text{ если } V_{n2}(t) = 1 \text{ или } count \neq 0 \\ 0 \text{ если } V_{n2}(t) = 0 \text{ и } count = 0 \end{cases}$$

$$V_{n1}(t+h) = 0 \text{ фишку обработали}$$

где V_{n1} – входящие фишки с приоритетами и V_{n2} – фишки с приоритетом на выходе (внешние переменные); $count(h)$ – количество фишек с приоритетами (внутренняя переменная); h – шаг моделирования и t – текущее время (системные параметры).

Алгоритм работы этого компонента: Данный компонент выстраивает фишки с приоритетами в очередь, в порядке приоритета. Чем меньше значение фишки, тем выше приоритет. А также считает, сколько фишек с приоритетами находится в очереди. В свойствах компонента задается время работы.

Компонент «Оператор» имеет следующее графическое представление (рис. 3)

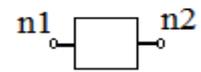


Рис.3. Компонент «Оператор» и математическую модель:

$$T_{\text{вых.}} = t + t_{\text{обсл.}} \text{ если } V_{n1} = 1 \text{ и } F = 0$$

$$F = \begin{cases} 1 \text{ если } F = 1 \text{ или } V_{n1} = 1 \\ 0 \text{ если } F = 0 \text{ и } V_{n1} = 0 \end{cases}$$

$$V_{n1} = 0 \quad V_{n2} = \begin{cases} 1 \text{ если } t = T_{\text{вых.}} \text{ и } F = 1 \\ 0 \text{ если } t \neq T_{\text{вых.}} \end{cases}$$

$$\text{если } V_{n2} = 1 \text{ то } F = 1 \text{ и } t = T_{\text{вых.}}$$

где V_{n1} – входящие фишки, V_{n2} – фишки на выходе, $T_{\text{вых.}}$ – время выхода (внешние переменные); $t_{\text{обсл.}}$ – время обслуживания (внутренняя переменная); t – текущее время, F –

обслуживание у оператора (системные параметры).

Алгоритм работы этого компонента: Данный компонент обрабатывает фишки. В свойствах компонента задается время обработки одной фишки.

Компонент «Хранилище фишек» имеет следующее графическое представление (рис. 4)



Рис.4. Компонент «Хранилище фишек» и математическую модель:

$$count(h+1) = \begin{cases} count(h) + 1 & \text{если } V_{n1} = 1 \\ count(h) & \text{если } V_{n1} = 0 \end{cases}$$

$$V_{n1}(t+h) = 0$$

где V_{n1} – входящие фишки (внешняя переменная); $count(h)$ – количество фишек (внутренняя переменная); h – шаг моделирования и t – текущее время (системные параметры).

Алгоритм работы этого компонента: Данный компонент собирает фишки.

Составив из всех представленных компонентов компонентную цепь, можно решать такие задачи как, например, внеочередной прием срочных телеграмм в отделениях связи; первоочередной ремонт изделий на заводе, которые срочно необходимы для производства; приоритет междугородного звонка перед внутренним; приоритет устранения последствий аварии перед текущим ремонтом изделий и т.д.



Рис.5. Компонентная цепь приоритетных сетей

В ингибиторных сетях вводят запрещение. Они используются для разработки диагностических моделей средств вычислительной техники.

Для моделирования ингибиторных сетей определен следующий набор компонентов: «Генератор фишек», «Ингибиторная сеть», «Оператор», «Хранилище фишек».

Компонент «Генератор фишек» выглядит аналогично «Генератору фишек с приоритетами» и имеет такую же математическую модель.

Компонент «Ингибиторная сеть» имеет следующее графическое представление (рис. 6)



Рис.6. Компонент «Ингибиторная сеть» и математическую модель:

$$V_{n3}(t) = \begin{cases} 0 & \text{если } V_{n1}(t-h) = V_{n2}(t-h) \\ 1 & \text{если } V_{n1}(t-h) \neq V_{n2}(t-h) \end{cases}$$

$$V_{n1}(t) = \begin{cases} 0 & \text{если } V_{n2}(t-h) = 0 \\ 1 & \text{если } V_{n2}(t-h) = 1 \end{cases} \quad V_{n2}(t) = 0$$

где V_{n1} – входящие фишки, V_{n2} – входящие фишки, V_{n3} – фишки на выходе (внешние переменные); t – текущее время, h – шаг моделирования (системные параметры).

Алгоритм работы этого компонента: Если на вход n_1 и n_2 подать 0 фишек, то на выход n_3 придет 0; если на вход n_1 подать 0 фишек, а на вход n_2 подать 1 фишку, то на выход n_3 придет 1 фишка; если на вход n_1 подать 1 фишку, а на вход n_2 подать 0, то на выход n_3 придет 1 фишка; если на вход n_1 и n_2 подать 1 фишку, то на выход n_3 придет 1. В свойствах компонента задается время задержки.

Составив компонентную цепь из компонентов, соответствующих ингибиторной сети, можно решать различные задачи в сферах электронно-вычислительных машин, их элементов и устройств, сетей ЭВМ, программ и операционных систем, систем сбора и автоматической обработки цифровой информации, системах автоматического управления объектами и процессами, производственных системах дискретного характера, например таких, как сборочные линии и цеха, социально-экономические структуры и т.д.

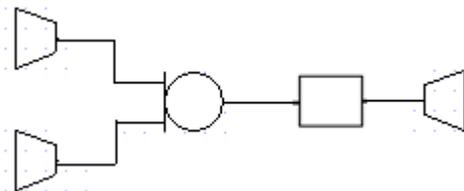


Рис.7. Компонентная цепь ингибиторной сети

Список литературы:

1. Ехлаков Ю.П., Жуковский О.И., Сенченко П.В., Тарасенко В.Ф. Сети Петри в моделировании бизнес – процессов. Теоретические основы и приложения. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007г. – 180 с.
2. Губин И.Г. Разработка систем автоматизированного проектирования (САПР). Организация системотехнической деятельности при создании САПР. Часть 1: Учебное пособие.– Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2001г. – 127 с.
3. Дмитриев В.М. Автоматизация моделирования промышленных роботов / В.М. Дмитриев, Л.А. Арайс, А.В. Шутенков. – М.: Машиностроение, 1995. – 304 с.
4. Дмитриев В.М., Шутенков А.В., Зайченко Т.Н., Ганджа Т.В. МАРС – среда моделирования технических устройств и систем.- Томск: В-Спектр, 2011г. – 278с.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСКРЕТНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА И КЛАССИФИКАЦИИ СИГНАЛОВ

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 *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. Аналогичная ситуация появляется и в случае *одномерных сигналов* - распознавание локальных особенностей цифровых сигналов, анализ и классификация. В данной работе проводится исследование по анализу и распознаванию образов на одномерном сигнале на примере оцифрованных электрокардиограмм (ЭКГ).

Классическим приемом, применяемым для анализа ЭКГ, является использование известных методов анализа характеристик сигнала в зависимости от времени (стандартное ЭКГ – измерение, измерение частоты сердечных сокращений, определение дисперсии реполяризации) [1]. Следует отметить, что указанные методы анализа характеристик сигнала не всегда позволяют описать все существенные особенности ЭКГ. Например, определение позднего потенциала, расположенного в комплексе QRS, не может быть выполнено с использованием таких методов. Тем не менее, анализ временной области частоты сердечных сокращений дает полную информацию о поведении RR-интервалов и парасимпатическом воздействии. Однако, анализ симпатического упорядочивания не может быть проведен на основе измерений частоты сердечных сокращений во временной области [1]. Использование аппарата вейвлет-анализа позволяет получать исчерпывающую информацию, находящуюся как во временной, так и в частотных областях.

Возможность одновременного анализа частотной и временной областей обосновывает выбор аппарата вейвлет-преобразования для анализа ЭКГ, который с успехом применяется в анализе частотно-временных характеристик компонент сигнала [1, 2].

Задачу диагностирования отклонений от нормы, в данном случае – на ЭКГ можно отнести к задаче распознавания образов. Применение в данной работе искусственной нейронной сети в качестве классификатора обусловлено ее способностью к обработке нечетких и сложных исходных данных для их классификации [3].

Цель

Целью данной работы является разработка метода распознавания образов на одномерных сигналах на основе совместного применения дискретного вейвлет-преобразования и искусственной нейронной сети (НС).

Исходные данные

Исходные данные, которые были использованы при тестировании системы, представляют собой оцифрованные сигналы ЭКГ в различных отведениях. Оцифрованные ЭКГ представляли собой вектора значений потенциала (напряжения), снятых с частотой 128 Гц за 10 с. Используемый набор состоит из 173 ЭКГ, включает в себя сигналы аритмии, а также нормального синусоидального ритма. Все сигналы взяты из открытой базы данных MIT [4].

Вейвлет-преобразование

Аппаратом первичного анализа сигнала 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 являются отличным инструментом обработки сигнала, позволяющий проводить анализ в нескольких временных масштабах локальных свойств сложных сигналов, которые могут представлять нестационарные зоны. Они приводят к огромным количеством приложений в различных областях, таких как, например, геофизика, астрофизика, телекоммуникации, изображений и видеокодирования.

Вейвлет-преобразование упрощает сжатие, передачу, анализ многих изображений. В данной работе мы обращаемся непосредственно к методу кратномасштабного анализа.

Одномерное вейвлет-преобразование

Так как электрокардиограмма представляет собой функцию одного аргумента, то, задав масштабирующую и вейвлет-функции, выполним алгоритм быстрого вейвлет-преобразования (БВП). Семейство базисных функций, определенное с помощью операций сдвигов и изменений масштаба имеет вид:

$$\varphi(2^j x - k) = \sum_m h_\varphi(m - 2k) \sqrt{2} \varphi(2^{j+1} - m), \quad (1)$$

$$\psi(2^j x - k) = \sum_m h_\psi(m - 2k) \sqrt{2} \varphi(2^{j+1} - m). \quad (2)$$

Здесь h_φ, h_ψ – масштабные коэффициенты масштабирующей и вейвлет-функции.

Аналогично разложению в ряд Фурье, разложение в вейвлет-ряд ставит в соответствие непрерывной функции последовательность коэффициентов. В нашем случае разложение определяется следующими преобразованиями:

$$W_{\varphi}(j_0, k) = \frac{1}{\sqrt{M}} \sum_x f(x) \varphi_{j_0, k}(x), \quad (3)$$

$$W_{\psi}(j, k) = \frac{1}{\sqrt{M}} \sum_x f(x) \psi_{j, k}(x). \quad (4)$$

Здесь $x = 0, 1, 2, \dots, M - 1$; $j = 0, 1, 2, \dots, J - 1$ и $k = 0, 1, 2, \dots, 2^{j-1}$. Коэффициенты, описываемые ур. (3) и (4), являются соответственно коэффициентами аппроксимации и детализации. Для реализации вычислений ДВП, используется взаимосвязь между коэффициентами ДВП соседних масштабов. Коэффициенты самого крупного масштаба – исходные данные для последующих вычислений, $W_{\varphi}(J, n) = f(x)$, где J – самый крупный масштаб.

Указанные коэффициенты в свою очередь выступают в роли возбуждающего сигнала НС.

Выбор типа вейвлета

Тип используемой вейвлет-функции – функция Добеши 4 порядка. Порядок функции обусловлен величиной вектора коэффициентов аппроксимации. При его увеличении соответственно растет вектор коэффициентов, поданный на входной слой нейронной сети, что ведет к возрастанию вычислительной сложности.

Уровень вейвлет-преобразования

В результате применения ДВП к ЭКГ происходило извлечение коэффициентов аппроксимации и коэффициентов детализации. В дальнейшем использовался только набор коэффициентов аппроксимации: в качестве точки отсчета для последующего применения блока фильтров БВП, а также в качестве входного сигнала для нейронной сети. Результат тестирования показал, что оптимальное количество применения блоков БВП фильтров равно 2. При каждом последующем применении блока БВП размер вектора коэффициентов аппроксимации сокращается вдвое, при уменьшающейся информативности самого вектора, а также при понижении процента распознавания.

Нейронная сеть

Искусственные нейронные сети с их высокой способностью извлекать требуемые значения из сложных или неточных исходных данных, часто используются в качестве классификатора для распознавания образов [3]. Еще одно положительное качество НС – это обнаружение характерных свойств исследуемых объектов, сложных для их обнаружения людьми или же некоторыми машинными средствами. Именно

поэтому НС являются одними из самых эффективных методов классификации образов.

В качестве активационной функции каждого отдельного нейрона была выбрана непрерывная сигмоидальная биполярная функция, так как для разработки обучающего правила необходима дифференцируемость вдоль всех связей.

Функционирование нейронной сети происходит в два этапа: обучения и тестирования. Для обучения НС выбрано три алгоритма:

- Левенберга–Марквардта;
- Сопряженных градиентов;
- Обратного распространения ошибки.

После обучения НС, итогом работы системы является распределение сигналов относительно заданных классов.

Результаты

Так как разрабатываемый метод представляет собой разновидность диагностического метода, то следует обратиться к способам оценки результативности метода, применяемых в доказательной медицине. Результат пригодности системы по данным оценкам приведен в табл. 1.

Таблица 1. Результаты оценки методов

Алгоритм обучения	Чувствительность, %	Специфичность, %
Левенберга–Марквардта	91,5	86,8
Сопряженных градиентов	69,4	68,7
Обратного распространения ошибки	75,0	77,1

Заключение

Предложен метод анализа и классификации ЭКГ, заключающийся в вейвлет-анализе сигналов и нейросетевом распознавании образов на основе многослойного персептрона. Осуществлен выбор оптимальных вариантов базисной вейвлет-функции и алгоритма обучения персептрона. Ими оказались вейвлет-функция Добеши четвертого порядка и алгоритм Левенберга–Марквардта для обучения нейронной сети. На основе численных экспериментов сделаны выводы о пригодности разработанного метода диагностирования.

Список литературы

1. Бойцов С.А., Гришаев С.Л., Солнцев В.Н., Кудрявцев Ю.С.. Анализ сигнал–усредненной ЭКГ (по данным вейвлет-преобразования) у здоровых и больных ИБС // Вестник аритмологии. – 2001. – №23. – С. 32–34.
2. Misiti M., Misiti Y., Oppenheim G., Poggi J. Wavelets and their applications. – London.: ISTE. – 2007. – 352 с.
3. Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории. – М.: Техносфера. – 2004. – 280 с.
4. Открытая база данных ЭКГ MIT. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM> (дата обращения 30.01.2012).

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И СИНТЕЗА ИНТЕРВАЛЬНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

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

В каждой конкретной области, как правило, существуют специализированные комплексы программ, позволяющие проводить на персональных компьютерах исследования реальных систем управления и автоматических устройств с использованием их моделей. Наибольшее распространение в настоящее время получил пакет MatLab, позволяющий выполнять как численные, так и аналитические операции, и являющийся интерактивной системой для инженерных и научных расчетов. Однако на сегодняшний день актуальны и другие языки программирования, например C++, C# и т.д.

Одним из разделов теории автоматического управления является робастное управление, при котором объект управления имеет интервальные параметры, а регулятор жесткой структуры должен обеспечить желаемую динамику системы при любых возможных значениях параметров из их интервалов.

Для проектирования интервальных систем автоматического управления в качестве критерия выбирают максимальную степень устойчивости системы. В пакете MatLab существуют библиотеки стандартных подпрограмм для анализа и синтеза робастных систем, основанные на различных принципах и критериях. При этом следует заметить, что встроенные подпрограммы не используют коэффициентные методы, хотя, согласно [1], именно коэффициентный подход при исследовании интервальных систем имеет существенные преимущества. Поэтому представляет интерес разработка на основе предложенного алгоритма [2] программного комплекса для анализа и синтеза интервальных систем

Анализ робастного качества интервальной системы управления

Пусть характеристический полином замкнутой интервальной системы автоматического управления имеет вид

$$D(s, \bar{k}) = B(s)F(s, \bar{k}) + A(s) = \sum_{k=0}^{\infty} d_k(\bar{k})s^k. \quad (1)$$

Введем в рассмотрение вспомогательные параметры λ_i , образуемые четверками рядом стоящих коэффициентов характеристического полинома (1). Параметры λ_i называют показателями устойчивости [1]. На основе показателей устойчивости λ_i сформулируем

следующее утверждение для интервальных систем.

Утверждение 1. Для того, чтобы интервальная система была устойчива, достаточно выполнения условий:

$$\lambda_i = \overline{d_{i-1} d_{i+2}} / (\overline{d_i d_{i+1}}) < 0,465, \quad i = \overline{1, n-2}$$

Доказательство приведено в работе [2].

В [1] предложено достаточное условие заданной степени устойчивости η для стационарной системы. На основе этих условий сформулировано следующее утверждение для интервальной системы.

Утверждение 2. Чтобы все корни интервального полинома (1) интервальной системы лежали левее вертикальной прямой, проходящей через точку $(-\eta, j0)$, $0 \leq \eta < \infty$, достаточно выполнения условий:

$$\begin{cases} \lambda_i^* = \frac{\overline{d_{i-1} d_{i+2}}}{\left(\overline{d_i - d_{i+1}} \quad n-i-1 \quad \eta \right) \left(\overline{d_{i+1} - d_{i+2}} \quad n-i-2 \quad \eta \right)} < 0,465, \\ \underline{d_k} \geq \overline{d_{k+1}} (n-m-1)\eta, \\ \underline{d_0} - \overline{d_1}\eta + 2\underline{d_2} \frac{\eta^2}{3} \geq 0, \quad m = \overline{1, n-1}; \quad i = \overline{1, n-2}; \end{cases}$$

Доказательство приведено в работе [2].

Для определения робастной степени устойчивости интервальной системы сформулировано следующее утверждение.

Утверждение 3. Для определения робастной степени устойчивости интервальной системы необходимо найти максимальное значение η

$$\begin{cases} \lambda_i^{**} = \frac{\overline{d_{i-1} d_{i+2}}}{\left(\overline{d_i - d_{i+1}} \quad n-i-1 \quad \eta^* \right) \left(\overline{d_{i+1} - d_{i+2}} \quad n-i-2 \quad \eta^* \right)} < 0,465 \\ \lambda_j^{**} < 0,465, \quad j = \overline{1, n-2}, \quad j \neq i \\ \underline{d_k} \geq \overline{d_{k+1}} (n-k-1)\eta, \quad k = \overline{1, n-1} \\ \underline{d_0} - \overline{d_1}\eta + 2\underline{d_2} \frac{\eta^2}{3} \geq 0 \end{cases}$$

Для анализа колебательности стационарной системы на основе коэффициентного метода используют параметры δ_i , которые называются показателями колебательности [1]. На основе δ_i сформулировано утверждение для определения сектора расположения корней интервального характеристического полинома (1).

Утверждение 4. Для того, чтобы определить сектор расположения корней интервального

характеристического полинома (1), необходимо выбрать минимальное значение δ_i , определяемое на основе следующего выражения

$$\delta_i = \frac{d_i^2}{d_{i-1} d_{i+1}}, i = \overline{1, n-1}.$$

Связь δ_i и сектора расположения корней определяется на основании рис. 1

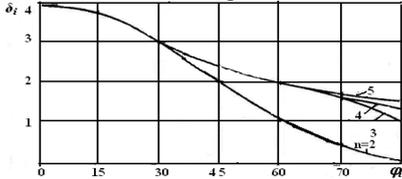


Рис.1. Зависимость сектора расположения корней от значения δ_i

Синтез робастных регуляторов интервальных систем управления

На основе заданной передаточной функции интервального объекта управления $W_{OY}(s)$ и функции регулятора $W_P(s)$ величина добротности по скорости будет определяться выражением:

$$D_w = k_0 b / \bar{d}_0.$$

На основе δ_i сформулировано условие расположения корней в заданном угловом секторе

Утверждение 5. Для того, чтобы корни интервального характеристического полинома (1) лежали в заданном угловом секторе, необходимы такие настройки регулятора, при которых выполняются условия

$$\delta_i \bar{k} = d_i^2 \bar{k} / d_{i-1} \bar{k} d_{i+1} \bar{k} > \delta_0, i = \overline{1, n-1}$$

Доказательство приведено в [2].

Для применения утверждения 2 с целью определения максимальной робастной степени устойчивости сформулировано следующее утверждение

Утверждение 6. Для определения максимальной робастной степени устойчивости интервальной системы автоматического управления необходимо для всех сочетаний интервальных коэффициентов выбором параметров регулятора обеспечить максимальное значение η_{\max} в (n-2) системах

$$\begin{cases} \lambda_i^{***}(\bar{k}, \eta) = 0,465, i = \overline{1, n-2} \\ \lambda_j^{***}(\bar{k}, \eta) < 0,465, j = \overline{1, n-2}, j \neq i \\ \frac{d_m(\bar{k})}{d_{m+1}(\bar{k})} (n-i-1) \eta, m = \overline{1, n-1} \\ \frac{d_0(\bar{k}) - d_1(\bar{k})\eta + 2d_2(\bar{k})\eta^2}{3} \geq 0. \end{cases}$$

Доказательство приведено в [2].

На основе составленного алгоритма [2] разработан программный комплекс (создан в программном пакете Borland C++).

Примеры

Пусть имеется замкнутая интервальная система, содержащая объект управления с передаточной функцией:

$$W(s) = b_0 / a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s^1 + a_0,$$

$a_2 \in [2.6; 3]; a_1 \in [0.8; 0.9]; a_0 \in [0.5; 1]$ и ПИ-регулятор с передаточной функцией $W_P(s) = k_0 + k_1 s / s$, где $k_0 = 3, k_1 = 3.6$. Задано допустимое значение степени устойчивости интервальной системы $\eta = 0,3$. Требуется провести анализ и синтез интервальной системы.

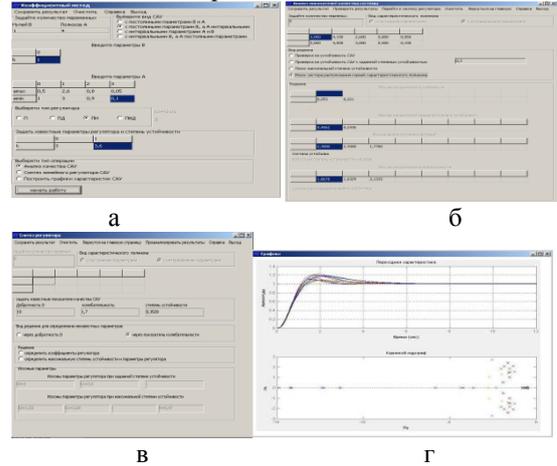


Рис.2 а) главное окно программного комплекса б) анализ показателей качества ИСАУ в) синтез регулятора г) переходные процессы

В результате анализа интервальной системы, найдены показатели качества: $\eta^* = 0.3258$, $\varphi = 79^\circ$. В результате синтеза робастного регулятора найдены следующие параметры: $\eta^* = 0.475, k_1 = 1,83, k_2 = 3,69$.

Заключение

На основе коэффициентных показателей качества и достаточных условий устойчивости разработан программный комплекс, позволяющий анализировать качества интервальной системы и синтезировать для них робастные регуляторы. Работоспособность данного программного комплекса подтверждена численными примерами.

Литература

- Петров Б.Н., Соколов Н.И., Липатов А.В. и др. Системы автоматического управления объектами с переменными параметрами: Инженерные методы анализа и синтеза. – М.: Машиностроение, 1986. – 256с.
- Гайворонский С.А. Методика выбора параметров регулятора для интервальной системы автоматического управления / Гайворонский С.А., Езангина Т.А. // Вестник науки Сибири. 2012-№ 3(4).-с.143-147.

АДАПТИВНЫЙ МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ СЕТЕВЫХ ТРАФИКОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Журавлев Д.В., Зибзеев А.Г., Берчук Д.Ю.

Научный руководитель: Малышенко А.М. д.т.н., профессор

Томский политехнический университет

E-mail: zhuravlevden1618@gmail.com

Современные нефтегазодобывающие предприятия ведут добычу нефти и газа с различных месторождений, как правило, удаленных друг от друга. Для управления технологическими процессами добычи применяются распределенные системы управления. Данные системы имеют различную топологию и структуру. Значительная удаленность различных объектов таких систем не позволяет организовать на всех участках высокоскоростную систему передачи данных. В связи с этим, одной из наиболее актуальных проблем таких систем является проблема распределения сетевых трафиков между различными узлами.

В качестве примера рассмотрим систему передачи данных нефтегазодобывающего управления (НГДУ) Казанского нефтяного месторождения, представленную на рис. 1.

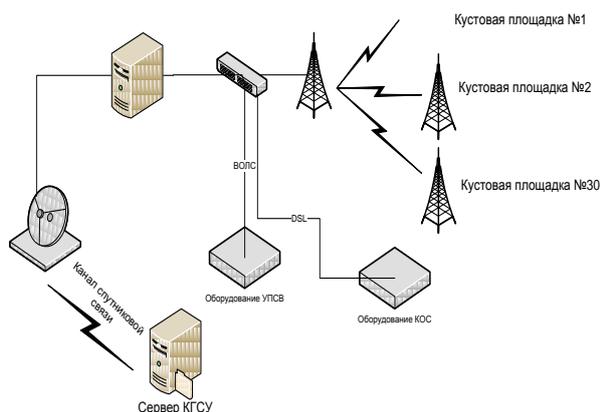


Рис. 1. Система передачи данных нефтегазодобывающего управления Казанского нефтяного месторождения

Как видно из рис. 1 система передачи данных имеет различные каналы передачи данных. Среди них волоконно-оптические линии связи, xDSL-каналы передачи данных, а так же радиоканалы связи с удаленными кустовыми площадками. Наименьшую пропускную способность имеют каналы передачи данных на основе радиосвязи.

Проведем анализ частоты опроса удаленных кустовых площадок. Автоматизированная система управления организована с использованием контроллерного оборудования Simatic Siemens S7-300. В качестве канала связи используется радиоканал УКВ-диапазона, организованный на оборудовании радиомодемов Integra. Время

опроса одной кустовой площадки с учетом пропускной способности канала связи, а так же вычислительной мощности контроллерного оборудования составляет 10,16 с. Время опроса всех кустовых площадок составляет 5 мин. 5 с. Приемлемая частота опроса одной кустовой площадки составляет 30 с.

Однако, даже с учетом замены оборудования радиосвязи Integra на оборудование RadioEthernet Tsunami со скоростью передачи данных до 10 Мбит/с получаем время опроса одной кустовой площадки равное 1,274 с., а соответственно 30 кустовых площадок 38,241 с. Данное значение выше приемлемого.

Для получения оптимального значения частоты опроса кустовых площадок аппаратным методом требуется применение более производительного и дорогостоящего контроллерного оборудования Simatic Siemens S7-400.

Очевидно, что при опросе всех параметров кустовой площадки мы не имеем возможности проводить опрос с приемлемой частотой. Однако часть параметров в определенный момент времени не является критической и данными параметрами можно пренебречь в определенные циклы опроса кустовых площадок. Задача состоит в формулировке критерия в определении наиболее важных параметров, и параметров, показания которых можно утратить.

Каждая кустовая площадка состоит из 24 скважин, на каждой из которых контролируется 3 параметра (температура, давление, расход). Таким образом, на каждой кустовой площадке контролируется 192 параметра, а в совокупности со всех кустовых площадок поступает 2160 параметров. Кроме основных технологических параметров для устойчивого функционирования системы требуется контроль параметров вспомогательного оборудования (сигналы пожар, напряжение сети, сигналы диагностики оборудования автоматизации, связи).

При различных условиях течения технологического процесса наиболее критичными могут являться различные параметры. Определение наиболее важных параметров технологического процесса является многокритериальной задачей, решение которой зависит от различных факторов, переменных во времени.

Для решения многокритериальных задач одним из наиболее подходящих методов является метод с использованием генетических алгоритмов. Генетический алгоритм — это эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путём случайного подбора, комбинирования и вариации искоемых параметров с использованием механизмов, напоминающих биологическую эволюцию.

Первым шагом для решения задачи является выбор критериев оптимальности контроля технологического процесса. Генетический алгоритм для оптимизации сетевых трафиков начинает свою работу с формирования начальной популяции $I_0 = \{i_1, i_2, \dots, i_s\}$ — конечного набора допустимых решений задачи. Эти решения могут быть выбраны случайным образом или получены на основе знаний о технологическом процессе. Для нашего примера основным критерием оптимальности будет являться актуальность параметров. При этом важным является актуальность параметров, как по времени, так и по значению текущего параметра. Кроме того еще одним важным параметром будет являться скорость изменения параметров.

При опросе удаленных кустовых площадок мы будем опрашивать только те параметры. Значения которых изменились за время между циклами опроса. При этом будем считать, что параметр обновился тогда, когда его значение изменилось минимум на некоторую дискретную величину (Δi). Тогда конечным набором допустимых решений будет являться популяция, состоящая из таких дискретных величин Δi для каждого параметра.

Соответственно, чем меньше дискретная величина Δi для параметра, тем выше вероятность, что этот параметр будет опрошен в ближайшее время. Для параметров, которые очень медленно изменяются во времени и имеют оптимальное текущее значение Δi , будет увеличиваться, а для динамических параметров наоборот значение Δi будет уменьшаться.

Однако, может произойти ситуация, когда один параметр может быть не опрошен никогда, т.к. его значение почти не меняется. Чтобы избежать такой ситуации для параметров, которые не опрашивались. Значение Δi будет уменьшаться, вплоть до 0. При значении Δi равным 0 будет произведен опрос параметра, после чего, в зависимости от текущего значения, величине Δi будет присвоено некоторое значение.

На каждом шаге эволюции с помощью вероятностного оператора селекции выбираются два наиболее оптимальных решения, родители i_1, i_2 . Оператор скрещивания по решениям i_1, i_2 строит новое решение i' ,

которое затем подвергается небольшим случайным модификациям, которые принято называть мутациями. Затем решение добавляется в популяцию, а решение, наименее удовлетворяющее выбранным критериям удаляется из популяции. Опрос данных с удаленных объектов осуществляется на основе наиболее оптимального, в соответствии с выбранными критериями, решения.

Таким образом, в каждый момент времени будет сформировано наиболее оптимальное распределение сетевого трафика между удаленными кустовыми площадками, что позволит увеличить частоту опроса наиболее важных параметров без существенной потери данных о технологическом процессе.

Применение метода генетических алгоритмов имеет две существенные трудности. Это проблема скорости сходимости исходной популяции к оптимальному значению, а так же сходимость решения вообще. Избежать указанных проблем можно подбирая исходную популяцию решений не случайным образом, а на основе данных о технологическом процессе. Тогда исходная популяция будет значительно ближе к оптимальной, что позволит избежать проблемы сходимости решений, а также существенно снизить время сходимости.

Предварительные результаты, полученные на математической модели кустовых площадок, показывают, что увеличение частоты опроса кустовых площадок может составлять порядка 25%. На примере Казанского нефтяного месторождения данный результат позволит получить приемлемые результаты без существенной модернизации системы автоматизированного управления технологическим процессом. Применение генетических алгоритмов может сократить расходы на приобретение высокоскоростного и дорогостоящего оборудования связи, поскольку приемлемые результаты можно будет получить с использованием более дешевых аналогов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2000. 352 с.
2. Батищев Д.И. Методы оптимального проектирования. М.: Радио и связь, 1984. 248 с.
3. Батищев Д.И., Исаев С.А. Решение многокритериальных задач с помощью генетических алгоритмов // Компьютерная геометрия и графика: Материалы Всеросс. научно-практич. конф. Н. Новгород: НГТУ, 1998. С. 100-101.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СЦЕНАРИЯМИ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ»

Берчук Д.Ю., Журавлев Д.В

Научный руководитель: Малышенко А.М. д.т.н., профессор
Томский политехнический университет

Понятие Умный Дом подразумевает под собой систему, управляющую электронагрузками, освещением, безопасностью, климат-контролем, медиа-устройствами. Очевидное преимущество системы Умный Дом в том, что она упрощает повседневную жизнь, увеличивает комфортность проживания. Например, свет во всем доме можно выключить нажатием одной клавиши на выключателе. Практически безграничные варианты возможных сценариев позволяют поставить квартиру на сигнализацию, обесточить все розетки, оставив только пару необходимых, включить музыку и пр.

Сценарии умного дома – это заранее запрограммированное поведение системы умного дома на то или иное событие. Событием может быть определенное нажатие на клавишу, команда с пульта управления или компьютера, срабатывание таймера и работа по расписанию. Однако наиболее перспективным и сложным является автоматический способ управления сценариями по различным событиям.

Умный дом может работать во многих сценариях. Большинство функций и сцен управляется с пультов управления, компьютеров или с помощью голосового управления, меньшая часть в автоматическом режиме.

Управление в автоматическом режиме связано со сложностями, прежде всего с адекватным восприятием системой тех или иных событий. С технической точки зрения данная задача является многокритериальной. Для решения многокритериальных задач применяются элементы искусственного интеллекта.

Наиболее впечатляющим результатом исследований в области искусственного интеллекта (нашедшим широкое применение в различных сферах человеческой деятельности) является появление экспертных систем.

Экспертные системы – это информационные технологии, использующие опыт и знания специалистов для решения плохо формализованных задач.

Целью работы является разработка и коммерческое внедрение экспертной системы для автоматической системы управления умным домом по сценариям.

Разработка экспертных систем имеет существенное отличие от разработки обычного программного продукта. Опыт создания экспертных систем показал, что использование

при их разработке методологии, принятой в традиционном программировании, либо чрезмерно затягивают процесс создания экспертных систем, либо вообще приводит к отрицательному результату. Дело в том, что неформализованность задач, решаемых экспертными системами, отсутствие (в виду сложности задач) последовательности четко определенных шагов разработки приводит к необходимости модифицировать принципы и способы построения экспертных систем в ходе процесса разработки по мере того, как увеличивается знание разработчиков о проблемной области.

Чтобы сделать программу интеллектуальной, ее нужно снабдить множеством высококачественных специальных знаний о некоторой предметной области. В нашем случае о структуре системы «умный дом» и типичном поведении хозяев дома.

Экспертная система должна оперативно реагировать на происходящие события. Для адекватной работы экспертной системы, она должна получать информацию, посредством датчиков об окружающей среде и происходящих событиях. Этим обусловлен выбор архитектуры экспертной системы. Для нашей экспертной системы выбрана архитектура динамической экспертной системы, или экспертная система реального времени (ЭСРВ), приведенная на рис. 1.



Рис. 1. Структура экспертной системы реального времени

В ходе работ по созданию экспертных систем сложилась определенная технология их разработки, включающая шесть сильно

взаимодействующих и перекрывающихся этапов: идентификацию, концептуализацию, формализацию, реализацию, тестирование, опытная эксплуатация.

Идентификация. Данный этап создания экспертной системы является наиболее содержательным и основным. На данном этапе осуществляется выбор участников создания экспертной системы, определяются выполняемые экспертной системы задачи, осуществляется выбор архитектуры экспертной системы, а так же выбор инструментального средства для проектирования экспертных систем. Активное участие в создании такой экспертной системы принимает владелец дома. С его помощью осуществляется сбор исходных данных о различных событиях, происходящих в доме, а так же возможные сценарии поведения системы. В качестве архитектуры экспертной системы нами выбрана экспертная система реального времени, а в качестве инструментального средства для разработки экспертной системы выбран программный инструмент G2.

Концептуализация. На данном этапе эксперты и инженеры по знаниям определяют: типы доступных данных; подзадачи основной задачи; стратегии и гипотезы; процессы, используемые в ходе решения задачи, типы ограничений, накладываемых на процессы; состав знаний, используемых для решения задачи и для объяснения решения. На данном этапе были рассмотрены вопросы, относящиеся к представлению знаний и методам решений.

Формализация. Основными задачами в процессе формализации являются проблемы структуризации исходной задачи и знаний в выбранном формализме, а именно, структуризации общей задачи на связанные подзадачи, структуризации знаний на декларативные и процедурные; структуризации предметной области на основе иерархии классов и структуризации приложения на основе иерархии «часть/целое». На этапе формализации все ключевые понятия и отношения, выявленные на этапе концептуализации, выражаются на некотором формальном языке, предложенном (выбранном) инженером по знаниям. Фактически на данном этапе были формализованы и приведены к математически реализуемому виду те исходные данные, которые были собраны с помощью владельца дома на этапе идентификации.

Реализация. На этапе реализации разработчик превращает формализованные знания в работающую компьютерную программу. Написание программы требует содержания, формы и согласования. Содержание берется из предметных знаний, сделанных явными в ходе формализации, т.е.

структур данных, правил вывода и стратегий управления, необходимых для решения задачи. Форма задается языком, выбранным для разработки системы. Согласование включает в себя комбинирование и реорганизацию различных порций знаний с целью устранить глобальные неувязки между спецификациями структур данных, правил и схем управления. Реализацию следует проводить быстро, поскольку одна из целей реализации исходного прототипа – это проверка проектных решений, адекватности идей, методов и способов представления, принятых на более ранних этапах проектирования. На сегодняшний момент система находится на стадии реализации.

Опытная эксплуатация. На этапе опытной эксплуатации и внедрения проверяется пригодность экспертных систем для конечного пользователя. Здесь система занимается решением всех возможных задач при работе с различными пользователями. Целесообразно организовать работу системы не на стенде разработчика, а на месте работы пользователя. Пригодность системы для пользователя определяется в основном удобством работы с ней и ее полезностью.

Пройдя соответствующие уровни тестирования: логическое, тестирование комплексных сценариев и тестирование на архивных данных, ДЭС готова к завершающей фазе разработки – подключение к реальному объекту управления и сертификации.

Два последних этапа разработки ЭС должны проходить под контролем экспертной группы и инженера по знаниям.

На данный момент выполнены два этапа создания экспертной системы для управления «умным домом»: идентификация и концептуализация. После реализации и опытной эксплуатации прототипа планируется коммерческая реализация системы управления умным домом с использованием экспертных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтунин А.Е., Семухин М.В. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2000. 352 с.
2. Джексон П. Введение в экспертные системы. – М.: СПб., Киев: изд-во «Вильямс», 2001.
3. Экспертные системы: Инструментальные средства разработки: учебн. пособие. Под ред. Ю. В. Юдина. – СПб.: Политехника, 1996. – 220 с.

РАЗРАБОТКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ СПИСКОВ В ПРИЛОЖЕНИЯХ НА БАЗЕ ОС ANDROID

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@gmail.com

В настоящее время наблюдается высокий рост популярности приложений для мобильных устройств, работающих под управлением операционной системы (ОС) Android. Для платформы Android реализованы различные элементы графического интерфейса, которые включают кнопки, текстовые поля, списки и т.д.

В мобильных приложениях часто используются списки для компактного представления различного рода информации, например, список файлов, запланированных задач, перечень музыкальных композиций или же список доступных для покупки товаров. Для организации списков имеется отдельный элемент интерфейса – *ListView*. Разработчикам мобильных приложений на базе Android предоставляются шаблоны и стандартные методы работы со списками. Однако, если есть необходимость разработать оригинальный дизайн с нестандартными свойствами отображения списка данных, возникают определенные сложности.

Для начала разберемся, как именно работает данный элемент интерфейса. Простого добавления элемента *ListView* в интерфейс приложения не достаточно, необходимо задать шаблон отображаемых строк (элемент) списка, а так же наполнить список данными. В качестве шаблонов для строк списка используется отдельный xml-файл, содержащий разметку для отображения одной строки. Данный шаблон будет повторяться для каждого элемента списка.

Для передачи информации списку, Android поддерживает удобные адаптеры для работы с различными видами данных. Адаптер представляет собой "мост" между набором данных и списком. Также имеется возможность использовать адаптеры, созданные пользователем самостоятельно.

Чтобы создать простой список, строки которого, например, содержат имя человека и элемент *checkbox* напротив него, достаточно использовать стандартный шаблон строк. Пример подобного списка изображен на рисунке 1.

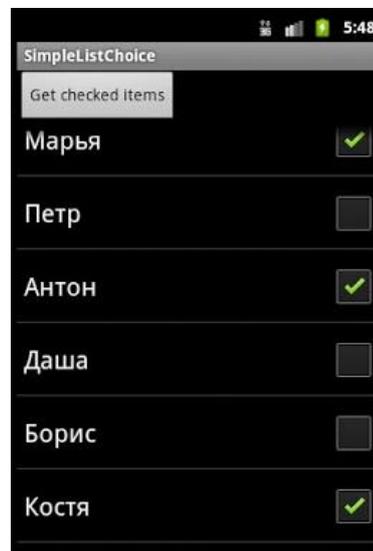


Рис. 1. Стандартный список

Список может предоставлять возможность одиночного или множественного выбора данных. Для этого необходимо задать соответствующий параметр списка - *CHOICE_MODE_MULTIPLE* или *CHOICE_MODE_SINGLE* с помощью функции списка *setChoiceMode*. На рисунке 1 изображен список с поддержкой множественного выбора. Данный список позволяет выделить несколько человек, а также отобразить список всех выделенных элементов. Такая возможность является очень полезной, например, при разработке приложения для веб-магазина. Если пользователь выбрал несколько доступных товаров из списка и решил «положить» их в корзину – нет необходимости проверять каждый элемент списка и помещать в корзину выделенные, можно воспользоваться функцией списка *getCheckedItemPositions*, которая вернет массив отмеченных позиций.

Но стандартный шаблон реализации списков не всегда удовлетворяет требованиям к отображению данных. В таком случае GUI Android предоставляет возможность создавать списки, основанные на пользовательском шаблоне строк. Допустим, необходимо, чтобы каждая строка списка состояла из картинки, элемента *checkbox*, основной и дополнительной подписей. Подобный список представлен на рисунке 2.

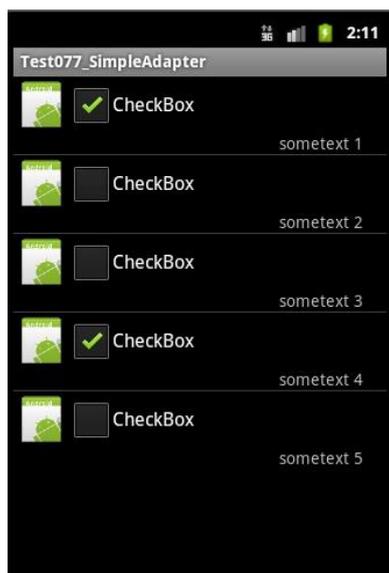


Рис. 2. Пользовательский список

Если данный список является списком с множественным выбором и используется штатный адаптер, то первое, на что нужно обратить внимание, – это контекстное меню элементов списка (строк) или же переход на другую «страницу» приложения, которое срабатывает после нажатия на элемент списка, перестают работать должным образом – список не отображается, а переход не вызывается. Это происходит, потому что при нажатии на строку весь фокус нажатия передается элементу *checkbox*. Эта проблема легко устраняется путем замены элемента *checkbox* на элемент *checkedTextView* (в дальнейшем называется просто *checkbox*). В этом случае не происходит «захвата» фокуса и контекстное меню или переход в другую часть приложения работают корректно.

Вторая проблема заключается в том, что при попытке нажатия на какую-либо строку, «галочка» будет отмечаться совершенной на другой строке. Например, при нажатии на первую строку списка, будет отмечаться элемент *checkbox* третьей строки и при этом все функции списка будут работать корректно.

Одним из решений данной проблемы является создание собственного адаптера и использование его для передачи информации списку. Для

корректного отображения списка, необходимо в пользовательском адаптере организовать метод, который будет «отлавливать» нажатие на строку списка и вручную менять состояние элемента *checkbox* данной строки. При таком подходе «галочки» расставляются в те строки, на которые было произведено нажатие.

Однако при этом возникает другая проблема – все функции списка с множественным выбором перестают работать. Для решения этого вопроса можно реализовать собственные функции списка, которые необходимы для выполнения задачи, в собственном адаптере. Но это приводит к уменьшению производительности, особенно в сложных приложениях, так как приходится повторно выполнять некоторые операции. Например, сканирование списка или же поиск в нем какой-либо информации. Для частичного повышения быстродействия работы приложения при таком подходе к решению проблемы, можно перевести список в режим одиночного выбора, что позволит задействовать стандартные механизмы обработки нажатий на элементы списка.

Также сложившуюся проблему можно частично решить путем замены элемента *checkbox* на картинку с его изображением и, при нажатии на строку списка, менять картинки, тем самым эмулируя процесс отметки галочкой. Опять же данный способ приводит к потере производительности при работе нагруженными приложениями.

Все изложенные решения позволяют частично исправить трудности отображения сложных списков данных в мобильных приложениях. Однако корректного решения, которое позволяет сохранить работоспособность большинства штатных функций, предоставляемых списками с множественным выбором, найти не удалось.

Список литературы

1. Android Developers. 2013. URL: <http://developer.android.com/index.html> (дата обращения 10.02.2013).
2. Z. Mednieks, L. Dornin, B. Meike, M. Nakamura. Programming Android: Java Programming for the New Generation of Mobile Devices. – М.: O'Reilly Media, 2011.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Кержин В.Ю.

Научный руководитель: Белоусов А.А., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина,30

E-mail: konzhut22@gmail.com

Человеческое зрение является наиболее совершенным из наших органов чувств, поэтому неудивительно, что зрительные образы играют важнейшую роль в человеческом восприятии. Еще совсем недавно цифровое видео можно было наблюдать только на крошечных экранах специализированной аппаратуры. Сегодня же полноэкранный видео становится непременным атрибутом настольных систем.

Далеко не все цифровое видео, хранящееся на компьютере, обладает надлежащим качеством для комфортного просмотра или для размещения на сайте. Как правило, такое видео было снято непрофессиональными видеокамерами, скачано из сети или записывалось в условиях, непригодных для качественной видеосъемки. Иногда улучшить качество видео вообще не представляется возможным, например, когда оно сильно пересвечено или затемнено. Но бывает, сюжет видео настолько интересен и ценен, что хочется хотя бы немного улучшить качество видео, как говорят профессионалы, "реанимировать" видео.

Цифровое видео – что это? Многие из нас уже миллионы раз слышали это слово, и, в принципе, даже визуально знают, что же это такое, но никто никогда не погружался в теорию. Цифровое видео представляет собой быстрое чередование отдельных статических изображений, называемых кадрами. Психология человеческого восприятия такова, что при чередовании с частотой 20-ти кадров в секунду они не воспринимаются как отдельные изображения, а полностью создают иллюзию просмотра динамической картины.

Итак, исходя из понятия цифрового видео, целесообразно рассмотреть применимость пространственных методов обработки изображений для обработки видео последовательностей.

Термин пространственная область относится к плоскости изображения как таковой, и данная категория объединяет подходы, основанные на прямом манипулировании пикселями изображения. Суть процедуры пространственной обработки, оперирует непосредственно значениями этих пикселей. Процессы пространственной обработки описываются уравнением: $g(x, y) = T[f(x, y)]$, где $f(x, y)$ – входное изображение, $g(x, y)$ – обработанное изображение, а T – оператор над f , определенный в некоторой окрестности точки (x, y) . Более того, T может оперировать над последовательностью входных изображений, например, выполняя поэлементное суммирование K изображений для

уменьшения шума. Главный подход в определении окрестности вокруг точки (x, y) заключается в использовании квадратной или прямоугольной области – подмножества изображения, centered в точке (x, y) . Центр данного подмножества передвигается от пикселя к пикселю, начиная, скажем, с верхнего левого угла области. Оператор T выполняется в каждой точке (x, y) , давая в результате выходное значение g для данной точки.

Из пространственных методов можно выделить следующие операции обработки изображений: 1) *Преобразование в негатив*. Преобразование изображения в негатив с яркостями в диапазоне $[0, L - 1]$ осуществляется с использованием негативного преобразования.

2) *Логарифмическое преобразование*. Преобразование отображает узкий диапазон малых значений яркостей на исходном изображении в более широкий диапазон выходных значений.

3) *Степенные преобразования*. Так же как в случае логарифмического преобразования, кривые степенных зависимостей отображают узкий диапазон малых входных значений в широкий диапазон выходных значений, при этом для больших входных значений верно обратное утверждение. 4) *Усиление контраста*.

5) *Вырезание диапазона яркостей*. Выделение какого-то конкретного диапазона яркостей на изображении.

6) *Вырезание битовых плоскостей*. Выделение определенных битов общего изображения.

7) *Видоизменение гистограммы (эквиализация)*. Улучшение изображения при котором его гистограмма яркостей изображения от начала бы равномерному закону распределения.

8) *Линейные сглаживающие фильтры*. Замена исходных значений элементов изображения на средние значения по маске фильтра достигается уменьшением «резких» переходов уровней яркости.

9) *Фильтры повышающие резкость (Производные 1- го, 2-го порядка)*. Подчеркивание или улучшение деталей на изображении, имеющих плохую четкость.

Выше перечисленные методы имеют широкие возможности в обработке изображений, но не все они применимы для обработки видеопоследовательностей. В данном случае, с точки зрения применимости, наиболее интересными являются операции эквиализация

гистограмм и фильтры повышающие резкость (лапласиан 1-го, 2-го порядка) [1].

Эквализация (выравнивание) гистограммы. Гистограммой цифрового изображения с уровнями яркости в диапазоне $[0, L - 1]$ называется дискретная функция $h(r_k) = n_k$, где r_k есть k -ый уровень яркости, а n_k - число пикселей на изображении, имеющих ярость. Общей практикой является нормализация гистограммы путем деления каждого из ее значений на общее число пикселей в изображении, обозначаемое n . Тем самым, значения нормализованной гистограммы будут $p(r_k) = \frac{n_k}{n}$ для $k = 0, 1, \dots, L - 1$. Вообще говоря, $p(r_k)$ есть оценка вероятности появления пикселя со значением яркости r_k . Гистограммы являются основой для многочисленных методов пространственной обработки и может быть успешно использовано для улучшения изображений так и видео.

Метод эквализации подразумевает такое улучшение видео при котором его гистограмма яркостей кадров отвечала бы равномерному закону распределения. Иными словами после эквализации в идеальном случае все уровни яркости имеют одинаковую частоту.

$$S_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k p_r(r_j) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$$

где $k=0, 1, 2, \dots, L-1$

Таким образом, обработанное (выходное) изображение получается отображением каждого пикселя входного изображения, имеющего яркость r_k , в соответствующий элемент выходного изображения со значением S_k , согласно данному уравнению. Преобразование (отображение), задаваемое полученным уравнением называется эквализацией или линеаризацией гистограммы [1].

Лапласиан 1-го и 2-го порядка. Данный метод ориентирован на повышение резкости видео. Главная цель повышения резкости заключается в том, чтобы подчеркнуть мелкие детали видео или улучшить те детали, которые оказались расфокусированы вследствие ошибок или несовершенства самого метода съемки.

Метод основан на применении первой либо второй производных и следовательно первая производная должна быть: 1) равной нулю на плоских участках (областях с постоянным уровнем яркости); 2) ненулевой в начале и в конце ступеньки или склона яркости; 3) ненулевой на склонах яркости. Аналогично, вторая производная должна быть: 1) равной нулю на плоских участках; 2) ненулевой в начале и в конце ступеньки или склона яркости; 3) равной нулю на склонах постоянной крутизны.

Можно дать некоторое сравнение производной 1-го и 2-го порядка: 1) Первая производная обычно дает в результате более толстые контуры; 2) Вторая производная дает больший по величине отклик на мелкие детали — как на отдельных

точках, так и на тонких линиях; 3) Отклик на ступеньку у первой производной как правило выше, чем у второй; 4) На наклонных контурах вторая производная дает двойной отклик.

При улучшении качества видео предпочтительней использовать производную второго порядка так как она имеет большее усиление мелких деталей.

Простейшим изотропным оператором, основанным на производных, является лапласиан (оператор Лапласа), который для двух переменных определяется следующим образом:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{x^2 \partial} + \frac{\partial^2 f}{y^2 \partial} \quad (1)$$

Дискретная формула двумерного лапласиана, заданного уравнением (1) получается объединением частных вторых производных относительно переменных x и y :

$$\nabla^2 f = [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1)] - 4f(x, y)$$

Поскольку оператор Лапласа по сути является второй производной, его применение подчеркивает разрывы уровней яркостей на изображении и подавляет области со слабыми изменениями яркостей. Это приводит к получению изображения, содержащего сероватые линии на месте контуров и других разрывов, наложенные на темный фон без особенностей. Но фон можно «восстановить», сохранив при этом эффект повышения резкости, достигаемый лапласианом. Для этого достаточно сложить исходное изображение и лапласиан.

Таким образом, обобщенный алгоритм использования лапласиана для улучшения изображений сводится к следующему:

$$g(x, y) = \begin{cases} f(x, y) - \nabla^2 f(x, y), & \text{если } w(0,0) < 0 \\ f(x, y) + \nabla^2 f(x, y), & \text{если } w(0,0) \geq 0 \end{cases}$$

где $w(0,0)$ – значение центрального коэффициента маски лапласиана [1].

Итак, метод эквализации обладает высоким быстродействием обработки изображений так как имеет весьма простую вычислительную реализацию. Применяются такие операции как сложение, умножение, деление. Говоря же о методе лапласиана, то он также имеет довольно высокое быстродействие и относительно небольшую сложность вычисления. Кроме того, для данных методов легко применимо распараллеливание процессов вычисления. Высокое быстродействие, простота вычислений, распараллеливание процессов дает большое преимущество в применении этих методов для обработки видео в режиме реального времени.

Список литературы

1. Р. Гонсалес, Р. Вудс Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. / Под ред. П.А. Чочиа – Москва: Техносфера, 2005. – 1072с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ АЛГОРИТМА СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ QUICKSHIFT НА КАЧЕСТВО СЕГМЕНТАЦИИ

Колосовский М.А.

Научный руководитель: Крючкова Е.Н., к.ф.-м.н., профессор
Алтайский государственный технический университет, 656038, Россия, г.Барнаул, пр. Ленина 46
E-mail: maxim.astu@gmail.com

В данной работе исследована зависимость качества сегментации изображений, выполняемой алгоритмом QuickShift, от параметров данного алгоритма. Цель исследования – выявить значения параметров, дающие наилучшие результаты в среднем, а также выявление механизмов автоматической адаптации параметров по конкретному изображению.

Сегментацией изображения называется разделение изображения на области, объединенные по какому-либо признаку. В частности, *семантическая сегментация* – это выделение целых объектов, присутствующих на изображении, т.е. объединение пикселей, имеющих одинаковое семантическое значение. В качестве начального этапа выполнения семантической сегментации удобно выполнять *пересегментацию*, т.е. разбиение изображения на гораздо более мелкие регионы, чем семантические объекты. Зачастую это области с общим цветом и/или текстурой (Рис. 1). Такие области называются *суперпиксели* [1]. Представление изображения в виде суперпикселей более компактно и удобно для последующей обработки.



Рис. 1. Изображение и вариант его пересегментации

В настоящее время пересегментация может быть выполнена с использованием самых различных подходов на основе графов, кластеризации, выделения краев, слияния-разделения областей и других моделей. В данной работе мы остановились на одном из алгоритмов на основе кластеризации Quick Shift [2], так как он демонстрирует результаты, сравнимые с лучшими на данный момент алгоритмами, но работает на порядок быстрее. Кластеризация, выполняемая алгоритмом, выполняется при помощи ядерной оценки вероятностной плотности (kernel density estimation). В экспериментах была использованная реализация, доступная в открытой библиотеке VLFeat [3].

Эксперименты проводились на базе изображений PASCAL VOC 2007 [4], содержащей эталонные семантические сегментации для 422 изображений (Рис. 2). Качество пересегментации вычислялось как точность выделения границ эталонных объектов, т.е. штрафовалось пересечение суперпикселями границ объектов.

Были исследованы следующие параметры:

- 1) компактность цветов в суперпикселях;
- 2) цветовое пространство;
- 3) ширина окна оценки плотности;
- 4) функция ядра оценки плотности;
- 5) максимальное расстояние между объединяемыми пикселями.

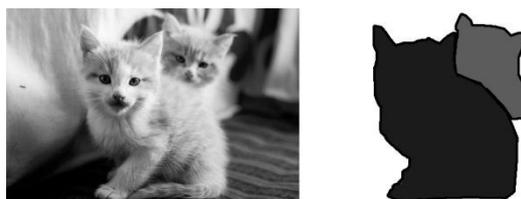


Рис. 2. Изображение и его эталонная семантическая сегментация

Чем более **компактны цвета суперпикселей**, тем более точно будут выделяться границы, однако тем больше суперпикселей получается (Рис. 3). Таким образом, необходимо так подбирать компактность, чтобы предоставить необходимую точность, но максимально сократить число суперпикселей. На основе экспериментов с сегментацией изображений был сформулирован ряд рекомендаций по подбору данного параметра. Компактность суперпикселей по цвету нужно увеличивать тем больше:

- чем более похожи цвета граничащих объектов;
- чем больше резко меняющейся текстуры;
- чем меньше размер объектов.



Рис. 3. Сегментации при различной компактности цветов в суперпикселе

Наиболее подходящими для сегментации **цветовыми пространствами** являются Lab и Luv, в которых евклидово расстояние между цветами линейно с воспринимаемой человеком разницей цветов. Это свойство является решающим при сегментации. Пространства RGB, XYZ, HSV меньшей степени подходят для сегментации (Рис. 4). Эксперименты с пространствами также показали, что сегментация значительно зависит от модели освещенности. Так, например, Lab подходит для изображений с неравномерной освещенностью, где есть одновременно области засветки и затемненные области, а RGB для сцен с плохим освещением.



Рис. 4. Сегментация в пространствах Lab, Luv и RGB

Ширину окна оценки плотности нужно выбирать в зависимости от того, насколько детализированная сегментация нужна. Слишком широкое окно строит меньшее количество суперпикселей, но игнорирует мелкие детали изображения. С другой стороны, узкое окно обнаружит даже мелкие изменения изображения, но такое представление будет менее компактно (Рис. 5). Кроме того, узкое окно строит центры кластеров локально (т.е. учитывая лишь небольшую окрестность), следовательно, на некоторых изображениях, где нужно находить центры больших областей, узкое окно не справляется.

Для подбора значения этого параметра были составлены следующие рекомендации:

- окно размера $kernel\ size$ может выделять объекты $2kernel\ size$ пикселей и более;
- чем более разные цвета граничащих объектов, тем окно может быть шире;
- чем ближе друг к другу расположены объекты, тем окно должно быть уже.

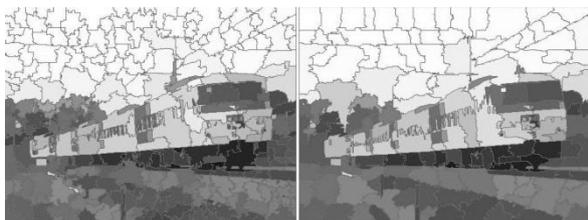


Рис. 5. Сегментация при различных размерах окна

Для экспериментов с функциями ядер были выбраны следующие функции:

- а) экспоненциальная;
- б) Гауссово;
- в) треугольное;
- г) Епанечникова;
- д) равномерное.

Выбор ядер основывался на принципиальном различии формы соответствующих графиков, которые представлены на Рис. 6.

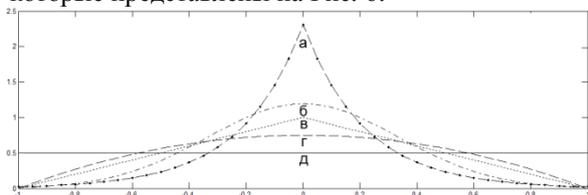


Рис. 6. Графики функция использованных ядер

Исследование показало, что качество сегментации не зависит принципиально от выбора ядра. Тем не менее, чуть большую эффективность показали гауссово и экспоненциальное ядра. Были также замечены некоторые особенности изображений, на которых лучше работали те или иные ядра. Так, например, гауссово и

экспоненциальное лучше выделяют мелкие части объектов, а ядро Епанечникова лучше разделяет объекты, похожие по цвету. Выбор ядра также зависит от текстуры объектов, в частности, равномерное ядро хорошо работает с объектами с резко меняющейся текстурой, а треугольное и ядро Епанечникова сегментируют лучше объекты с равномерной текстурой.

Сокращение **максимального расстояния между объединяемыми пикселями** увеличивает точность нахождения границ и соответственно увеличивает число суперпикселей (Рис. 7). Таким образом, этот параметр так же, как и компактность цветов суперпикселя, определяет компромисс между этими конфликтующими критериями. Общий принцип подбора данного параметра состоит в том, что чем более разнятся цвета объектов, тем параметр может быть больше. Если же объекты и фон похожи по цвету, то нужно строить более мелкие суперпиксели.

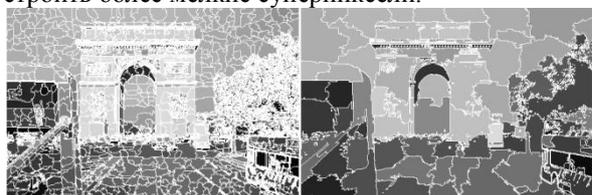


Рис. 7. Сегментация при различных максимальных расстояниях между объединяемыми пикселями

В результате проведенных экспериментов было выявлено, как различные параметры алгоритма влияют на качество сегментации, найдены лучшие значения для некоторых параметров. Были составлены рекомендации по адаптации параметров к набору изображений, позволяющие в будущем перейти к автоматизации этого процесса. Кроме того, исследование показало некоторые недостатки алгоритма сегментации Quick Shift и возможные варианты их устранения.

Список литературы

1. Forsyth D., Ponce J., Computer vision. A modern approach (2nd edition). – Prentice Hall, 2011. – 792 pp.
2. Quick Shift and Kernel Methods for Mode Seeking / Vedaldi A., Soatto S. // Proceedings of the 10th European Conference on Computer Vision (ECCV). – Marseille, France. 12-18 October, 2008. – pp. 705-718.
3. VLFeat: An open and portable library of computer vision algorithms / Vedaldi A., Fulkerson B. // Proceedings of 18th Annual ACM International Conference on Multimedia (ACM MM). – Firenze, Italy. 25-29 October, 2010. – pp. 1469-1472.
4. The Pascal Visual Object Classes (VOC) Challenge / M. Everingham, L. Van-Gool, C. K. I. Williams et al. // International Journal of Computer Vision (IJCV). – June, 2010. – Vol. 88, No. 2. – pp. 303-338.

КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОТОБРАЖЕНИЯ ПЛАНОВ ЗДАНИЙ НА КАРТЕ ГОРОДА

Конькин С.В., Шестаков Н.А.

Научный руководитель: Шестаков Н.А., к.т.н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: batareed@gmail.com

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы развитие Интернет-технологий позволило расширить средства предоставления пространственной информации, быстро начала развиваться веб-картография и ее возможности.

Веб-картография представляет собой область компьютерных технологий, связанную с доставкой пространственных данных конечному пользователю, и является одним из направлений геоинформационных технологий. Визуализация пространственной информации и облегчение работы с ней являются основными задачами веб-картографии.

Последние несколько лет характеризуются значительным ростом числа картографических веб-сервисов, которые совместили просмотр карт с информационно-справочным содержанием и стали неотъемлемой сферой вложения средств для привлечения и удержания пользовательской аудитории [1].

Следующим шагом в развитии таких приложений должен стать переход от масштаба зданий и улиц к масштабу помещений, и примеры таких сервисов уже есть [2]. В настоящее время развитие картографических сервисов, работающих на уровне планов зданий, сдерживается отсутствием массово доступных технологий позиционирования (сигнал GPS не проникает внутрь зданий). Однако технологические платформы, позволяющие определять местоположение пользователя внутри зданий, существуют [3], и можно предположить, что со временем они будут реализованы в мобильных устройствах.

В связи с этим, уже сейчас в веб-приложениях актуальной является задача визуализации планов зданий и информационных объектов (точек интереса) внутри этих зданий. В данной работе предлагается подход к реализации подобных приложений, который авторы находят достаточно простым, и, в то же время, эффективным.

Эта работа является развитием проекта, разработанного на кафедре Вычислительной техники ТПУ Возжаевой А.И. под руководством Шестакова Н.А.[1].

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Целью данной работы является разработка технологии создания веб-приложений для отображения планов зданий на карте города (с учётом этажности).

Задачи, которые необходимо решить, чтобы добиться поставленной цели:

- Разработать архитектуру системы;
- Выбрать инструменты для растеризации, тайл сервера, создания планов зданий, выбрать базовые технологии для разработки приложения;
- Разработать демонстрационное приложение. Требования, предъявляемые к приложению:
- Интерфейс приложения должен быть схож с существующими стандартными приложениями (Google.Maps, Яндекс. Карты), то есть отображать интерактивную перемещаемую пользователем карту;
- на карте должны отображаться картографические объекты (дороги, здания, зоны и т.п.) и точки интереса (POI);
- при попадании в область видимости карты здания с имеющимся планом, при определённом масштабе должен отобразиться план здания и элементы интерфейса для выбора этажа здания;
- разрабатываемая система должна включать инструменты для создания и хранения планов зданий;
- методическое обеспечение должно описывать способ создания новых планов зданий, способы настройки и изменения приложения под пользовательские нужды.

ТЕХНОЛОГИЯ

В современных интерактивных веб-картах для визуализации статических геоданных чаще всего используют технологию растровых тайлов. Векторная карта заранее растеризуется в разных масштабах, растры разбиваются на прямоугольные кусочки (тайлы). Для отображения карты приложению достаточно запросить некоторое количество тайлов, соответствующих текущей области и масштабу.

Для создания прототипа приложения будут частично использоваться имеющиеся данные OpenStreetMap (далее OSM), и частично данные созданные при помощи редактора. В качестве исходных данных были выбраны геоданные сервиса OSM, так как они являются некоммерческими и находятся в свободном доступе.

Поскольку для планов зданий не существует готовых подложек, для создания веб-приложения необходимо организовать собственный тайл-сервер, к которому это приложение будет обращаться. Данный тайл-сервер будет хранить не только готовые данные OSM, но и те данные,

якія будуць атрычаны ў выніку рэдакцыі, гэта значыць даныя планаў збудаванняў. Асноўнымі кампанентамі архітэктуры з'яўляюцца: геаданныя, рендер, сховішча тайлаў, тайл-сервер, вэб-прыкладзенне на вэб-серверы, кліентскае ПД (вэб-браўзер). Схэма функцыянальнай архітэктуры тэхналогіі прадставлена на рыс. 1.

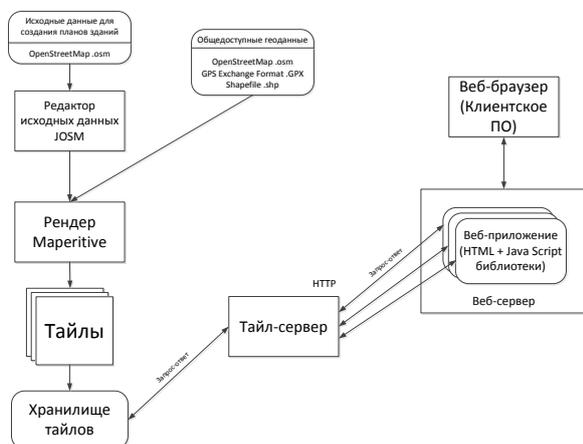


Рис. 1. Функцыянальная архітэктура інструментарыя рэдакцыі пачатковых даных і стварэння картографічнага вэб-прыкладзення

У якасці сродка растэрызацыі было выбрано прыкладзенне Maperitive – платформа, ізначальна прызначаная для выкарыстання карыстачамі праекта OSM для выканання візуалізацыі карт на сваіх ПК.

У якасці рэдактара для стварэння пачатковых даных планаў збудаванняў быў выбран рэдактар JOSM. Гэта асобнае Java-прыкладзенне, якое дазваляе працаваць з данымі OSM лакальна[4]. Яўляецца дастаткова мацным, і мае хорушую падтрымку ў сілу сваёй папулярнасці.

Для стварэння самаго вэб-прыкладзення патрэбуецца JavaScript бібліятэка Leaflet.

На даны момант рэалізаван прататып вэб-прыкладзення на Leaflet, які выкарыстоўвае ўласны тайл-сервер, які дазваляе праглядаць план збудавання, улічваючы этажнасць (рыс. 2), які ўтрымлівае ў сабе некаторыя пункты цікавасці – лесціцы, туалеты, кафейныя аўтаматы, нумары аўдыторый (рыс. 3). Для стварэння данага прататыпа выкарыстоўваліся геаданныя сервіса OSM (асноўная падложка), а так жа даныя – планы збудаванняў, створаныя ўручную рэдактарам JOSM.

ВЫВОД

Разрабываемая тэхналогія павінна дазваляць упростіць разрабтку сервісаў, аснованых на вызначэнні цяперашняга месцапазіцыі мабільных уладарстваў для пазіцыянавання ўнутры збудаванняў. Разрабтано прыкладзенне-прататып, атображаючае створаныя планы збудаванняў

і пункты цікавасці на існуючай карце горада. На прымеры гэтага прыкладзення даказана работаспабаснасць іспользуемага падыхода і правільны выбар інструментаў, што падтвэрджае эфектыўнасць іспользавання тэхналогіі.

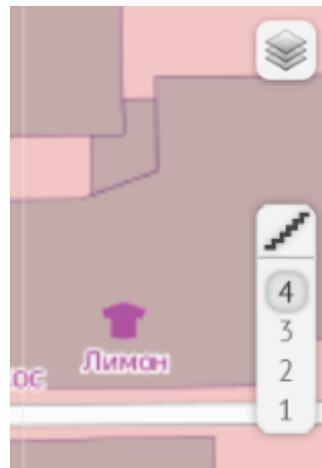


Рис. 2. Кантроль этажнасці



Рис. 3. План 4 этажа і пункты цікавасці

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Возжаева, А.И. Разработка технологии создания картографических веб-приложений: ВКР инженера: защищена 16.06.12 – ТПУ, Томск, 2012. – 94 с.
2. A new frontier for Google Maps: mapping the indoors.// Google Official Blog. – 2011. URL: <http://googleblog.blogspot.ru/2011/11/new-frontier-for-google-maps-mapping.html>
3. Системы позиционирования внутри зданий для мобильных сервисов. // Хабрахабр. – 2012. URL: <http://habrahabr.ru/post/126410/>
4. RU:Рэдакцыраванне. // OpenStreetMap Wiki. – 2013. URL: <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/RU:Рэдакцыраванне>.

СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ УЗЛОМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГЕКСАФТОРИДА УРАНА

Кубенский И.Р., Криницын Н.С., Надеждин И.С.

Научный руководитель: Криницын Н.С.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: taro4ek999@mail.ru

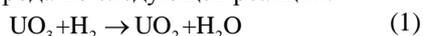
В настоящее время на сублиматном заводе ОАО «СХК» проводится комплекс мероприятий по модернизации производства гексафторида урана. Цель модернизации – освоение новой технологии производства, основанной на фторировании тетрафторида урана, который в свою очередь получается фторированием двуокиси урана. Такая технология подразумевает создание дополнительной технологической единицы – узла восстановления.

Узел восстановления (УВ) – первый элемент последовательности аппаратов в модернизированной технологической схеме производства гексафторида урана. Задача узла – получение диоксида урана путем восстановления закиси-окиси избытком водорода.

Октаоксид триурана или закись-окись урана – фактически представляет собой соединение из одной молекулы диоксида и n молекул триоксида урана[1].



Число n для сырья узла восстановления может принимать значения в диапазоне от 1,8 до 2,2. В среднем принято считать n равное двум. Таким образом, получение диоксида из закиси-окиси сводится к восстановлению триоксида урана избытком водорода по следующей реакции:



Аппаратная реализация представляет собой горизонтальный аппарат, в который, с помощью шнекового питателя, загружается закись-окись урана и подается газовая смесь, преимущественно состоящая из водорода. На выходе аппарата получаем твердый продукт, состоящий из двух- и трех-окиси урана, а также смесь газов, включающую в себе водяной пар и избыток водорода. На основании анализа объекта была составлена информационная структурная схема узла восстановления, входными потоками которого являются массовый расход закиси-окиси урана, а также объемный расход водорода. На выходе же основным параметром является массовый расход твердого полупродукта и доли UO_2 и UO_3 в нем.

Используя составленную информационную структурную схему и уравнение (1), на основании материального баланса, была разработана математическая модель узла восстановления, которая была реализована в среде Matlab. При этом было принято допущение о том, что смешение компонентов внутри узла носит

идеальный характер, т.е. компоненты, поступающие в емкость, мгновенно смешиваются с уже имеющимися в емкости. Это позволило описать динамические характеристики газовых и твердофазных потоков дифференциальным уравнением вида:

$$T \frac{dG_{out}(t)}{dt} + G_{out}(t) = G_{in}$$

где:

G_{out} – величина расхода выходного потока;

G_{in} – величина расхода входного потока;

$T = \frac{V}{V_{ср.расх}}$ – постоянная времени;

V – объем аппарата занимаемый соответствующим продуктом;

$V_{ср.расх}$ – средний объемный расход продукта на выходе.

При этом значение постоянной времени для твердого продукта составляет $T1=2065$ сек, а для газа – $T2=2,25$ сек

Характеристики выходного продукта, рассчитанные по модели узла восстановления при стехиометрической загрузке, совпали с характеристиками продукта, получаемого на ОАО «НЗХК» при идентичных условиях.

Количественной характеристикой работы узла восстановления является степень восстановления триоксида. Кроме этого предъявляемые требования к согласованной работе аппаратов производства гексафторида урана приводят к необходимости поддержания величины массового расхода продуктов на выходе УВ на заданном уровне.

В итоге целями управления узлом восстановления являются:

- Обеспечение требуемой степени восстановления исходных оксидов урана до UO_2 ;
- Обеспечение требуемой величины массового расхода твердофазных продуктов на выходе УВ.

Наибольшее влияние на регулируемые координаты оказывают такие параметры, как величина избытка H_2 над стехиометрическим количеством, необходимым для полного восстановления исходных оксидов, а также частота вращения шнека загрузки закиси-окиси. Данные зависимости, рассчитанные с помощью разработанной математической модели УВ, отображены на рис. 1 и 2.

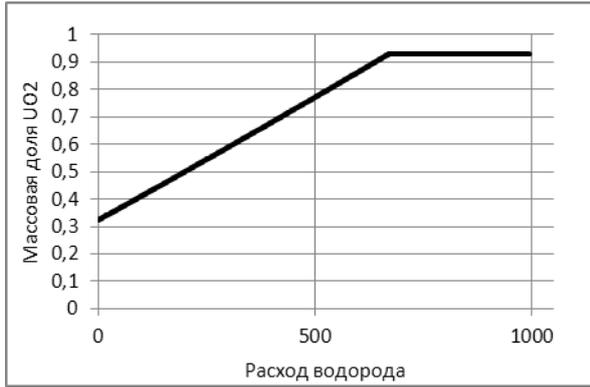


Рис.1. Зависимость массовой доли UO₂ от величины входного расхода водорода

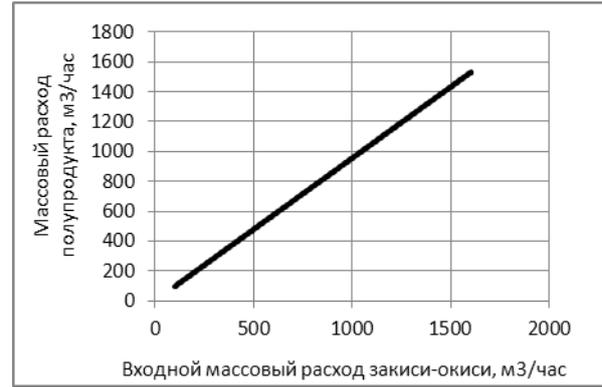


Рис.2. Зависимость массового расхода полупродукта на выходе от входного расхода U₃O₈

В результате исследования технологических процессов УВ, а также анализа методов синтеза систем автоматического регулирования,

разработана структурная схема САР УВ, обеспечивающая достижение обозначенных целей [2]. Схема приведена на рис. 3.

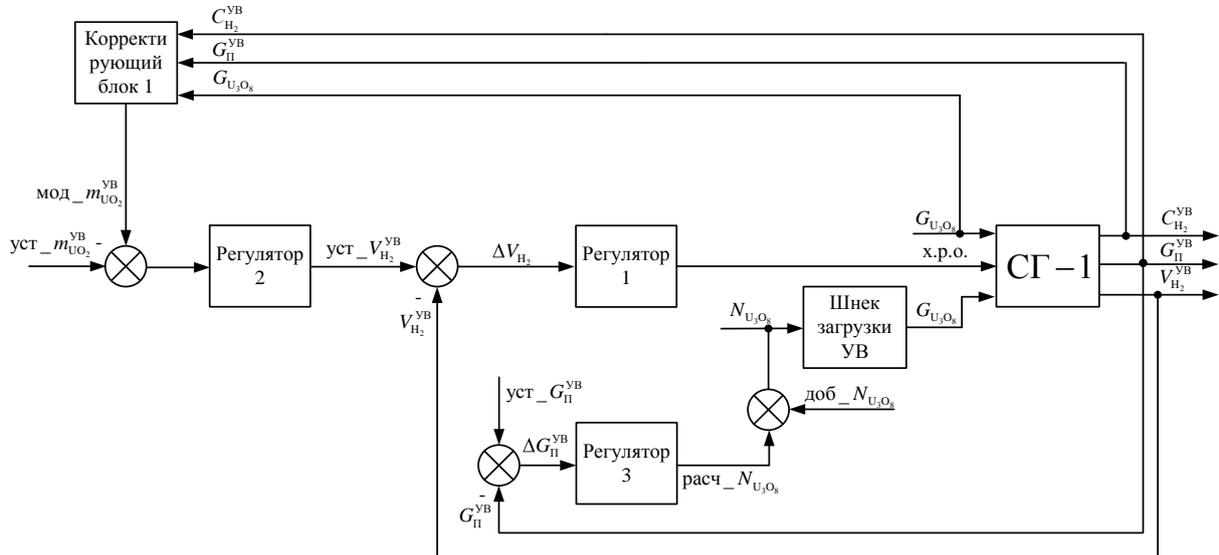


Рис.3 Структурная схема САР

Стабилизация степени восстановления исходных оксидов на требуемом уровне $уст_m_{UO_2}^{УВ}$ (величина которой задается оператором-технологом) обеспечивается регулятором 2. По разности желаемой $уст_m_{UO_2}^{УВ}$ и рассчитанной по модели $мод_m_{UO_2}^{УВ}$ степенях восстановления исходных оксидов рассчитывается требуемый объемный расход водорода $уст_V_{H_2}^{УВ}$ поступающего в УВ. Соответствие желаемого – $уст_V_{H_2}^{УВ}$ и действительного – $V_{H_2}^{УВ}$ расхода технологического газа на входе аппарата поддерживается контуром стабилизации по отклонению с регулятором 1, путем формирования управляющего воздействия на регулирующий клапан подачи водорода в УВ.

Задача поддержания величины массового расхода продуктов на выходе УВ на требуемом уровне $уст_G_{П}^{УВ}$ решается регулятором 3,

формирующим управляющее воздействие на шнек загрузки УВ – $N_{U_3O_8}$ на основании величины сигнала рассогласования желаемого $уст_G_{П}^{УВ}$ и действительного $G_{П}^{УВ}$ массовых расходов продуктов на выходе УВ.

Таким образом, в ходе выполнения работы была разработана структурная схема САР узлом восстановления высших оксидов урана. Система обеспечивает поддержание заданных параметров массовой доли диоксида урана в полупродукте, а также постоянство выходного расхода полупродукта.

Список литературы:

1. Каляцкая Г.В., Маслов А.А. Химия урана - Томск: Изд-во ТПУ, 2009г., 20стр.
2. Гурецкий Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием – М.:Машиностроение, 1974. - 328с.

ПРОГРАММНАЯ НАСТРОЙКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ VERSATA «DCM»

Кузнецова Т.А.

Научный руководитель: Вичугова А.А., ассистент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: trotilla87@gmail.com

1. Сопровождение информационных систем

В условиях глобализации стабильное экономическое регулирование невозможно без эффективного управления информационными потоками. Устаревшая, не адекватная информация приводит к неадекватной инфраструктуре производства и снижению гибкости регулирования, в результате чего возникают продукция и услуги, не отвечающие реально существующим потребностям. [1]. В последнее время решение этой проблемы предлагается многими информационными системами, облегчающими управление потоками информации между покупателями и продавцами.

Информационная система – это программное обеспечение для сбора, обработки, хранения, обновления и предоставления пользователям информации о некотором объекте экономических отношений. [2]. Многие компании традиционно развивают собственное программное обеспечение для управления своим бизнесом, однако при этом затрудняется приспособляемость получаемой информационной системы к изменению потребностей. Сложности возникают из-за недостатка квалификации и других ресурсов, доступных крупным профессиональным разработчикам масштабируемого и интегрируемого программного обеспечения. Разработчикам информационных систем важно непрерывно развивать своё программное обеспечение и профессионально адаптировать необходимую систему к изменению рыночных потребностей в тесном сотрудничестве с заказчиком.

Данная статья продолжает рассмотрение принципов осуществления поддержки корпоративной информационной системы на примере Versata DCM, которая широко используется в страховом бизнесе в США [2, 3]. Цель статьи – углубить представление о роли разработчика, работающего над поддержкой информационной системы под управлением её производителя. Будет рассмотрен процесс реализации такой необходимой функциональности, как извлечение больших объёмов записей из базы данных.

2. Принципы извлечения записей из базы данных DCM

Крупные сопровождаемые корпоративные информационные системы выполняют целый ряд полезных функций, которые разработчик может оперативно добавлять, гарантируя непрерывную интеграцию всех компонент готовой системы.

Наряду с хранением данных системы должны обеспечивать быстрое извлечение необходимой информации. Независимо от того, какую использует заказчик в своей поставке программного обеспечения DCM систему управления базами данных – Oracle, DB2 или другую, в системе DCM существует понятие такого инструмента, как экстрактор данных, извлекающий данные в файл [4].

Экстрактор состоит из спецификации, в которой содержатся метаданные для определённой операции извлечения, и файла заголовка. Довольно часто в файле заголовка определяется и итоговая строка, содержащая результаты суммирования полей данных. Пример метаданных: – запрос полей данных, которые должны быть извлечены из базы; – трансляторы, хранящие формат, в котором извлекаются поля; – файл, в который сохраняются полученные данные.

Среди экстракторов выделяются инкрементные экстракторы, которые извлекают из базы только те записи, которые изменялись со времени последнего извлечения.

Важная характеристика операции извлечения – это время, которое она потребует. Существует несколько способов реализации экстрактора. Рассмотрим эти механизмы, чтобы определить лучший из тех, что понадобится при инкрементном извлечении данных.

Первая реализация основывается на использовании «чернового байта» ("DirtyByte"), который обращается в нуль всякий раз, когда запись изменяется, и в ненулевое значение, когда запись извлекается. Для установления необходимого байтового значения можно использовать хранимые триггеры Versata Backbone, которые вызываются при каждом сохранении объекта. [4].

Такой механизм используется в случае, если операция извлечения требует применения бизнес-правил, позволяющих полностью контролировать, какое именно содержимое извлекается.

Другой способ извлечения данных из базы информационной системы – пакетное извлечение на основе передачи поля BatchID источника извлечения в экстрактор в качестве параметра, по которому отыскиваются недавно изменённые партии записей. [4].

Такой механизм используется в случае, если объекты не модифицируются через

пользовательский интерфейс информационной системы.

Третий подход – это использование идентификатора последовательности объектов. В объектной модели базы данных Versata Backbone каждый объект имеет поле SeqID, которое наращивается, когда он сохраняется в какой-либо из сессий обращения к базе.

Для инкрементного извлечения на основе идентификатора последовательности для базы данных должно быть разрешено свойство глобального идентификатора последовательности, отменяющее использование SeqID локальных объектов. [4].

Извлечение на основе SeqID следует использовать в следующих случаях:

- объекты изменяются через пользовательский интерфейс;
- извлечение не зависит от правил бизнес-логики.

В представленной работе необходимо извлекать данные о транзакциях, изменяемых через пользовательский интерфейс, которые не подчинены правилам бизнес-логики, поэтому предпочтение было отдано способу извлечения, основанному на использовании глобального идентификатора последовательности. Для проверки выполнения одного из главных требований – двадцать тысяч записей должны извлекаться не более чем за 5 минут, необходимо обеспечить модульное тестирование. Другое требование клиента, заключающееся в отслеживании даты последнего извлечения, можно осуществить, передавая временной штамп последнего изменения в экстрактор вместо идентификатора последовательности.

3. Реализация экстрактора

Реализация поставленной задачи рассчитана на несколько этапов программной настройки при работе с исходным кодом информационной системы. Необходимо, чтобы в процессе выполнения проекта были созданы и добавлены следующие программные единицы кода:

- xml-спецификация экстрактора;
- xml-описание заголовка извлекаемого файла;
- свойство для суммирования записей по заданному полю в xml-спецификации HeaderTrailerSpec.xsd для итоговой строки извлекаемого файла;
- Apache Ant target для передачи параметров в экстрактор и его запуска в файле RunTools_mods.xml, модифицирующем при сборке проекта стоковый файл, запускающий инструменты системы;
- Apache Ant target в файле test.xml для загрузки тестовых данных и запуска экстрактора на этапы тестирования;

– JUnit-тесты для поэтапного тестирования: извлечения только что созданного объекта, извлечения модифицированного объекта и проверки производительности экстрактора;

– файлы с ожидаемыми выборками ко всем тестам для сравнения в test.xml с генерируемыми результатами;

– .properties-файл для задания формата временного штампа и начальной даты последнего извлечения, передаваемый в экстрактор в качестве параметра вместо SeqID;

– xml-файл с модификацией стокового файла для свойств базы данных, где будет выставлен флаг GLOBAL_SEQ_ID.

4. Результаты

В результате программной настройки, выполненной на платформе, предоставленной компанией Dev Factory [5], был выполнен и протестирован в группе разработчиков томской компании Интант проект для американской компании gDev, занимающейся сопровождением корпоративной информационной web-системы Versata DCM. Проект заключался в реализации инструмента извлечения записей из базы данных. По результатам разработки и тестирования экстрактор данных был переведён с использования глобального идентификатора последовательности на использование даты и времени последнего извлечения и показал производительность извлечения 20 000 записей менее чем за пять минут.

В качестве достоинства использованного подхода можно отметить превалирование настройки над кодированием, более заключавшемся в написании модульных тестов. Данное преимущество в подходе к сопровождению было бы неосуществимо без гибко настроенной инфраструктуры Versata DCM на платформе Microsoft, развёрнутой компанией Dev Factory в облачной инфраструктуре Amazon, что в совокупности обеспечивает быструю и доступную разработку в соответствии с постоянно изменяющимися требованиями клиентов.

Список литературы

1. Кузнецова Т.А., Вичугова А. А. (2012). Сопровождение корпоративной Web-системы на примере Versata DCM [Электронный ресурс] : URL: http://msit.tpu.ru/files/conf_2012.pdf – свободный доступ
2. Versata [Electronic source] : URL: http://cpq.versata.com/index2.php?option=com_content&task=view&id=122 – свободный доступ
3. Developer Guide/Dev Factory gDev Confluence Wiki [Electronic source] : URL: <http://confluence.gdev.com/> – ограниченный доступ
4. Dev Factory [Электронный ресурс] : URL: <http://www.devfactory.com/what-software-factory> (дата обращения 19.02.2013)

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ МЕТОДОМ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ВИНЕРА-ХОПФА

Куценко К.В.

Научный руководитель: Дядик В.Ф., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: kutsenkokv@mail.ru

Эффективное управление технологическим объектом возможно лишь в том случае, когда основные закономерности, присущие объекту, представлены в виде математического описания. Полученная модель позволяет разработать алгоритм управления и определить его оптимальные коэффициенты.

Когда проведение экспериментов по снятию переходных характеристик технологических объектов управления затруднительно из-за возможности нарушения регламента технологического процесса, для их идентификации применяют методы, в которых используются случайные естественные колебания входных и выходных сигналов объекта.

Если сигналы входа и выхода объекта являются стационарными и стационарно-связанными функциями, то динамическая модель объекта в общем виде может быть описана интегральным уравнением Винера-Хопфа [1, 2]:

$$K_{yx} \tau = \int_0^{\infty} w t \cdot K_{xx} t - \tau dt, dt \geq 0 \quad (1)$$

где $K_{xx}(\tau)$ – автокорреляционная функция входного сигнала объекта;

$K_{yx}(\tau)$ – взаимная корреляционная функция выходного и входного сигналов объекта;

$w(t)$ – весовая функция объекта.

Сущность численного метода заключается в возможности представления интегрального уравнения Винера-Хопфа (1) системой линейных алгебраических уравнений. Для такого представления учитывают, что при $\tau \leq 0$ весовая функция $w(t) = 0$, а интервал взаимной корреляционной функции t разбивают на m равных интервалов $t=T, 2T, \dots, mT$. Тогда интегральное уравнение может быть приближенно представлено конечной суммой:

$$\frac{1}{T} K_{yx} t = \sum_{i=0}^m w_i \cdot K_{xx} t - iT,$$

где $w_i = w(iT)$ – значения весовой функции объекта;

$i = 1, 2, \dots, m$ – номер интервала m .

Таким образом, по всем значениям $t = T, 2T, \dots, mT$ можно получить m линейных алгебраических уравнений для определения m значений ординат весовой функции $w(t)$ в точках $T, 2T, \dots, mT$.

В матричном виде эту систему линейных уравнений можно представить в виде:

$$\bar{K}_{xx} \cdot \bar{W} = \bar{K}_{yx}, \quad (2)$$

где \bar{K}_{xx} – корреляционная матрица (3), составленная по значениям ординат корреляционной функции входной случайной величины $X(t)$.

$$\bar{K}_{xx} = \begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} & \dots & K_{1m} \\ K_{21} & K_{22} & \dots & K_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ K_{m1} & K_{m2} & \dots & K_{mm} \end{pmatrix}, \quad \begin{matrix} K_{ij} = K_{ji}; \\ K_{ij} = K_{xx} j - i; \\ i, j = 1, 2, \dots, m. \end{matrix} \quad (3)$$

\bar{K}_{yx} – матрица-столбец (4), элементами которой являются ординаты взаимной корреляционной функции входа и выхода:

\bar{W} – матрица-столбец (5), состоящая из элементов, представляющих собой значения ординат искомой весовой функции.

$$\bar{K}_{yx} = \begin{pmatrix} K_1 \\ K_2 \\ \dots \\ K_m \end{pmatrix}, \quad K_i = \frac{K_{yx} iT}{T}; \quad (4) \quad \bar{W}_{yx} = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_m \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Использование оценок корреляционных функций реальных промышленных сигналов приводит к плохой обусловленности системы (2). Указанное обстоятельство вызвало необходимость в использовании специальных методов регуляризации решений [3].

Один из простейших способов получения плавной весовой функции состоит в сглаживании полученной последовательности дискретных величин w_i с помощью степенного полинома:

$$w t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_N t^N.$$

Значения степени аппроксимирующего полинома N определяются из условия минимума по N функционала Гаусса:

$$\Omega_N = \frac{\sum_{t=0}^n \tilde{w} t - w t^2}{n - N},$$

где (t) – сглаженная весовая функции;

n – число элементов весовой функции;

N – степень аппроксимирующего полинома.

Исследование предлагаемого метода проводилось на разработанной в Matlab Simulink модели, модели объекта описываемой инерционным звеном первого порядка с запаздыванием, на вход которой подавались смоделированные и реальные сигналы.

В результате исследования разработан алгоритм, позволяющий определять параметры динамических моделей технологических объектов.

Разработанный алгоритм был использован для идентификации параметров динамической модели

пламенного реактора (ПР) по каналу управления. Для реализации процедуры идентификации были выбраны участки со стационарным характером изменений входных (рисунок 1) и выходных (рисунок 2) координат ПР.

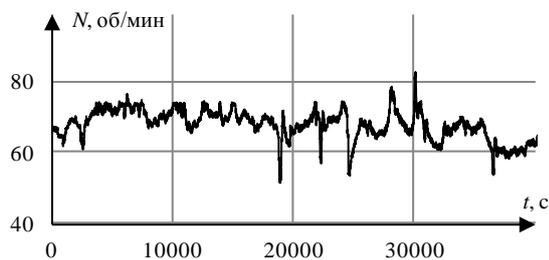


Рис. 1. Входной сигнал ПР – обороты шнека

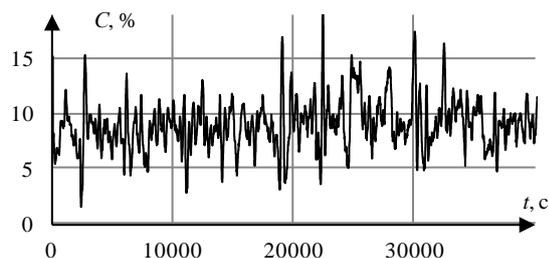


Рис. 2. Выходной сигнал ПР – концентрация фтора

Для расчета весовой функции определены автокорреляционная функция (рисунок 3) и взаимная корреляционная функции (рисунок 4).

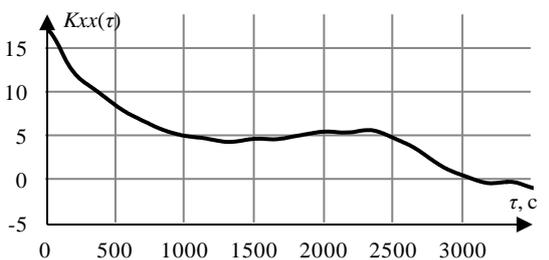


Рис. 3. Автокорреляционная функция входного сигнала ПР

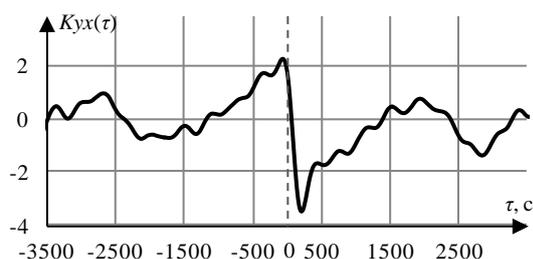


Рис. 4. Взаимная корреляционная функция выходного и входного сигналов ПР

Решая уравнение Винера-Хопфа была получена весовая функция ПР и произведено ее сглаживание аппроксимирующим полиномом степени $N = 13$ (рисунок 5).

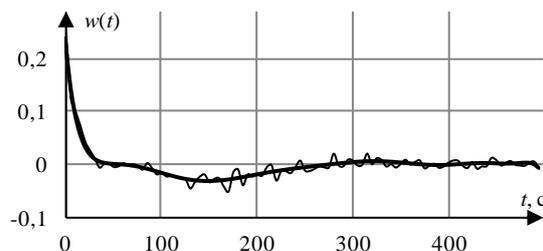


Рис. 5. Сглаженная весовая функция ПР

Определив весовую функцию, можно получить другие характеристики объекта (переходную функцию, передаточную функцию, амплитудно-фазовую характеристику, дифференциальное уравнение исследуемого объекта).

Для определения переходной функции ПР, необходимо провести интегрирование весовой функции (рисунок 6).

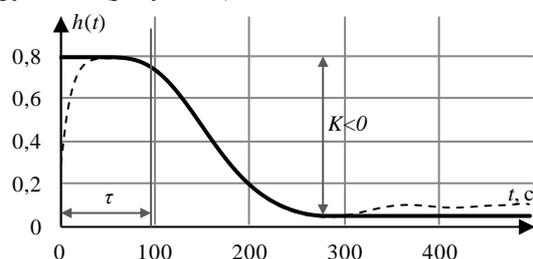


Рис. 6. Переходная функция ПР.

В результате аппроксимации найденной переходной функции интерполяционным методом Орманса определены параметры динамической модели ПР по каналу управления: $K = -0,77$, $T = 53$ с, $\tau = 117$ с. Полученные параметры имеют значения, близкие к априорно известным значениям параметров динамической модели ПР.

Таким образом, применяя разработанную методику идентификации, можно определять параметры динамических моделей промышленных объектов по их входным и выходным переменным не нарушая технологический процесс.

Литература

- 1 Анисимов С.А., Зайцева И.С. под ред. Райбмана Н.С. Типовые линейные модели объектов управления. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 264 с.
- 2 Алексеев А.А. Идентификация и диагностика систем: – М.: Издательский центр «Академия», 2009 – 352 с.
- 3 Дейч А.М. Методы идентификации динамических объектов. – М.: Энергия, 1979 – 240 с.

СОЗДАНИЕ ПРОТОТИПА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Ланцман Г.А.

Научный руководитель: д.т.н. Малышенко А.М., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: lagoon@vtomske.ru

Стандартным подходом при построении различных экспертных систем (ЭС) является поэтапное развитие модели [1]. При этом разрабатываемая ЭС всегда проходит этап создания работающего неполнофункционального прототипа для доказательства жизнеспособности положенных в основу ЭС концепций. В данной статье будут затронуты вопросы разработки прототипа экспертной системы диагностики электромашин.

Задача диагностики заключается в том, чтобы по заданным признакам определить неполадки электромашин. Разумеется, для проведения подобного рода работ необходимо владеть в полном объёме информацией о том, каковы типичные неполадки различных видов электромашин. Подобная информация доступна как в отечественных, так и в зарубежных источниках [2,3]. Опираясь на них, а также на знания экспертов в конкретной области, нужно методами инженерии знаний получить вербализованные знания экспертов. Объём полученной информации прямо пропорционален тому, какой этап разработки ведётся. Для разработки прототипа системы диагностики электрических машин вполне достаточно одного набора знаний либо правил для того, чтобы проверить пригодность системы для решения поставленных задач.

Как упоминалось в [4], разбиение базы знаний было произведено по пяти основным видам диагностики электрических машин:

- электрические виды диагностики,
- температурная диагностика,
- механическая диагностика,
- диагностика изоляции,
- иные виды диагностики.

Кроме того, на этапе разработки прототипа было принято решение дополнительно разделить характерные неполадки по конкретным видам электрических машин:

- машины постоянного тока,
- асинхронные двигатели,
- синхронные машины,
- общие неисправности электрических машин.

В последний пункт вошли те неисправности электрических машин, которые могут быть характерны для машин различного типа и не зависят от принципа их работы.

В основу прототипа было решено положить правила, касающиеся отдельной области диагностики машин постоянного тока, а именно – неисправностей, связанных с перегревом коллектора и щёток [2]. Фрагмент набора правил, использованных при создании прототипа, представлен в табл. 1.

Таблица 1. Фрагмент продукционных правил прототипа

УСЛОВИЕ 1	УСЛОВИЕ 2	ТО	ДЕЙСТВИЕ
ЕСЛИ (щётки дрожат) И (щётки искрят) И (поверхность коллектора негладкая) И (щётки шумят)	ЕСЛИ (коллектор бьёт)	неравномерный износ коллекторных пластин	коллектор подтянуть и обточить, изоляцию между пластинами продорожить, устранить вибрацию машины
	ЕСЛИ (между пластинами выступает изоляция)	нарушение изоляции	продорожить коллектор
	ЕСЛИ (щётки установлены неравномерно)	коллектор изнашивается неравномерно	правильно установить щётки

Для описания усечённого набора продукционных правил был использован аппарат нечёткой логики FuzzyLogic с алгоритмом по Мамдани. Было введено 7 входных переменных: дрожь щёток, гладкость коллектора, искрение в коллекторе, обгорание краёв коллектора, нагрев арматуры и жгутиков, шум щёток и потемнение коллектора; они составляют ядро antecedентов системы. Для описания консеквентов (следствий) правил были использованы 3 выходных переменных, значения которых будут рассмотрены ниже. Правила для диагностики электрических машин заданы на основе экспертных знаний [2]. Правила диагностики причин перегрева коллектора и щёток, в том числе, указанные в таблице, были внесены в набор правил модуля FuzzyLogic пакета MatLAB (см. рис. 1).

Каждая из входных и выходных величин в ЭС будет характеризоваться лингвистической переменной. Определим лингвистическую переменную как кортеж вида (β, T, X) , где:

β — имя лингвистической переменной; T — множество её значений (термов); X — универсум нечетких переменных.

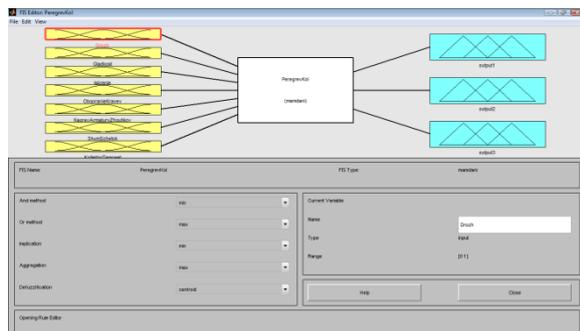


Рис. 1. Окно FuzzyLogic с введёнными переменными

Кроме того, при необходимости подобное определение можно расширить, добавив новые элементы в кортеж, например, синтаксические процедуры образования новых термов и аналогичную процедуру формирующую нечеткие множества для каждого термина данной лингвистической переменной. Применительно к семи входным переменным, будем иметь:

- Дрожь щётки, {(Дрожат, Не дрожат, Не задана)}, [0, X_1])
- Искрение, {(Искрит, Не искрит, Не задана)}, [0, X_2])
- Гладкость коллектора, {(Гладкий, Не гладкий, Не задана)}, [0, X_3])
- Обгорание краёв коллектора, {(Обгорают, Не обгорают, Не задана)}, [0, X_4])
- Шум щётки, {(Шумят, Не шумят, Не задана)}, [0, X_5])
- Нагрев арматуры и жгутиков, {(Нагреваются, Не нагреваются, Не задана)}, [0, X_6])
- Потемнение коллектора, {(Потемнеют, Не потемнеют, Не задана)}, [0, X_7])

Переменные обозначают некие числовые значения термов лингвистических переменных и задаются путём подстройки значений к параметрам конкретной электромашин и/или экспертным знаниями. К примеру, для лингвистической переменной “Шум щётки” X_5 значение “Шумят” может быть задано как “>40 дБ”. В этом случае вход для такой переменной будет определён, как показано на рис. 2.

Нечётким высказыванием положим высказывание “A is B” (“A есть B”), где A — лингвистическая переменная (список таковых для прототипа определён выше), B — её терм [5,6]. Созданный на FuzzyLogic прототип ЭС, таким образом, будет осуществлять функции нечёткого вывода неисправностей, которые, возможно, присутствуют в электромашине, но не в явном виде, а в виде некоего списка

возможных неполадок с указанными эмпирическими значениями консеквент правил. Вариант записи нечётких правил с указанными эмпирическими значениями вероятностей для высказываний показан на рис. 3.

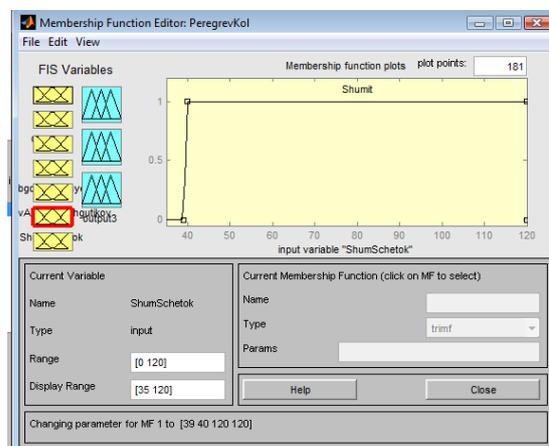


Рис. 2. Определение ЛП “Шум щётки” (>40 дБ)

```

1. If (Drozh is Drozht) and (Gladkost is negladkaya) and (Iskrenie is Iskr) and (ShumSchetok is Shumt) then (output1 is Izolyatsiya) (0.3)
2. If (Drozh is Drozht) and (Gladkost is negladkaya) and (Iskrenie is Iskr) and (ShumSchetok is Shumt) then (output1 is Izolyatsiya) (0.3)
3. If (Drozh is Drozht) and (Gladkost is negladkaya) and (Iskrenie is Iskr) and (ShumSchetok is Shumt) then (output1 is NeprPoschetki) (0.4)
4. If (Gladkost is gladkaya) and (Iskrenie is Nelskrt) and (KollektorTemper is Temny) then (output2 is WrongKind) (0.5)
5. If (Gladkost is gladkaya) and (Iskrenie is Nelskrt) and (KollektorTemper is Temny) then (output2 is Subotki) (0.2)
    
```

Рис. 3. Фрагмент правил в нотациях нечёткой логики

Как результат проделанной работы, прототип ЭС для диагностики электромашин был создан и доказал жизнеспособность подобного подхода. В продукционной базе знаний находится около 30 правил для диагностики неисправностей при перегреве коллектора и щётки. В дальнейшем, предполагается расширить базу знаний и создать НМІ-интерфейс для удобства работы пользователей. Кроме того, в полнофункциональной экспертной системе планируется предусмотреть возможность моделирования процессов, происходящих в электромашине с неполадками и расширить функциональность системы для диагностики электроприводов в целом.

Литература

1. Частиков, А. П. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS / А. П. Частиков, Т. А. Гаврилова, Д. Л. Белов. — СПб. : БХВ-Петербург, 2003. — 606 с. : ил.
2. Гемке Р. Г. Неисправности электрических машин [Текст]: учеб. для вузов/Р. Г. Гемке. - Ленинград: Энергия, 1975. - 296 с.
3. Браун, Марк. Электрические цепи и электротехнические устройства. Диагностика неисправностей : пер. с англ. / М. Браун, Дж. Раутани, Д. Пэтил. — М. : Додэка-XXI, 2011. — 327 с.
4. Ланцман Г. А. Создание базы знаний для экспертной системы диагностики электроприводов. Сборник трудов X

Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых “Молодёжь и современные информационные технологии-2012”. - Издательство Томского политехнического университета, 2012 [с. 195-198]

5. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. Леоненков. – СПб: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
6. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Штовба. – М: Горячая линия–Телеком, 2007. – 288 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДЫ LABVIEW ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ САР

Ле Ван Туан, Комарова С.Е.

Научный руководитель: Казьмин В.П., к.т.н, доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: visaosang89@gmail.com

В настоящее время исследование и оценка качества работы системы автоматического регулирования (САР) является важной задачей, обеспечивающей эффективность работы системы. Изучение САР осуществляется путем моделирования на основе использования программной среды. Современные средства разработки прикладного программного обеспечения предоставляют широкий выбор программ: MatLab, LabVIEW, Classic, MathCad... Но какая среда наиболее удобна и многофункциональна? Предполагаем использовать LabVIEW.

LabVIEW использует графический язык программирования, предназначенный для создания программ в форме структурных схем. LabVIEW содержит обширные библиотеки функций и инструментальных средств, предназначенных для создания систем сбора данных и систем автоматизированного управления (САУ). LabVIEW также включает стандартные инструментальные средства разработки программ [1].

Применение системы LabVIEW при исследовании систем управления имеет ряд преимуществ:

- повышение наглядности полученных результатов измерений, возможность визуально проследить имеющиеся зависимости исследуемых величин и определять основные закономерности взаимодействий;
- представление информации в табличной, цифровой или графической форме позволяет производить ее предварительную обработку;
- удобство хранения и обработки информации избавляет от необходимости проведения повторных экспериментов.

Но, пожалуй, самым главным достоинством данной среды является возможность использования реальных физических элементов при исследовании САУ. LabVIEW позволяет использовать реальные объекты управления в процессе исследования САР, может быть использована для организации взаимодействия с измерительной и управляющей аппаратурой, подключения различных приборов для сбора, обработки, отображения информации и результатов расчетов, таким образом, обеспечивая большую достоверность и точность проводимых исследований. LabVIEW позволяет реализовать любые ситуации, в том числе «невозможные» и аварийные.

Для программной среды LabVIEW разработано большое число пакетов, имеющих специальное

назначение. К их числу относится пакет Control Design & Simulation Toolkit. После установки данного пакета стандартные наборы функций LabVIEW дополняются инструментами библиотеки моделирования и проектирования систем управления [2].

Основной целью работы является разработка методических указаний по использованию модуля расширения Control Design для моделирования и исследования САР в учебном процессе. Список базовых функций Control Design представлен на рисунке 1.

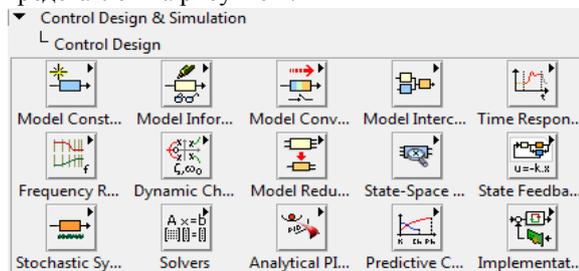


Рисунок 1. Палитра функций Control Design

С помощью Control Design можно создавать различные функциональные схемы, используемые для моделирования, анализа, диагностики и контроля системы, например: создание непрерывных моделей в виде (s-) передаточной функции, создание дискретных моделей в виде (z-) передаточной функции, проектирование ПИД-регуляторов т.п. [3].

Программы в LabVIEW называются виртуальными приборами, так как их вид и функционирование имитируют реальные измерительные приборы, при этом виртуальные приборы подобны функциям в программах стандартных языков программирования.

Структура виртуального прибора представляется следующими элементами:

- лицевой панелью рис. 2 (лицевая панель может содержать кнопки, переключатели, регуляторы и другие органы управления и индикаторы);

- структурной схемой рис. 3 (структурная схема представляет собой наглядное представление решения задачи и содержит исходные коды для виртуального прибора).

На рисунке 2 представлен пример моделирования и анализа системы управления с цепью обратной связи. Для непрерывного выполнения моделирования на блок-диаграмме (рис. 3) все функции включаем в тело цикла While Loop. Время одной итерации в данном примере

составляет 100 мс. В качестве устройства управления используем ПИД-регулятор, описываемый передаточной функцией $W_p(s)$ [4]:

$$W_p(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + \frac{K_d s}{T_f s + 1}$$

K_p - коэффициент усиления пропорциональной составляющей ПИД-регулятора;

K_i - коэффициент усиления интегральной составляющей ПИД-регулятора;

K_d - коэффициент усиления дифференциальной составляющей ПИД-регулятора;

T_f - постоянная времени, являющаяся фильтром низких частот.

Параметры настройки ПИД-регулятора (K_p , K_i , K_d) определяют вклад каждой из составляющих в формируемое управляющее воздействие.

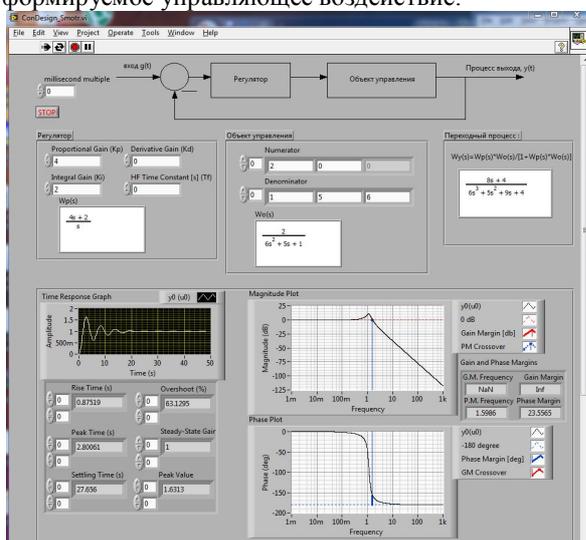


Рисунок 2. Лицевая панель

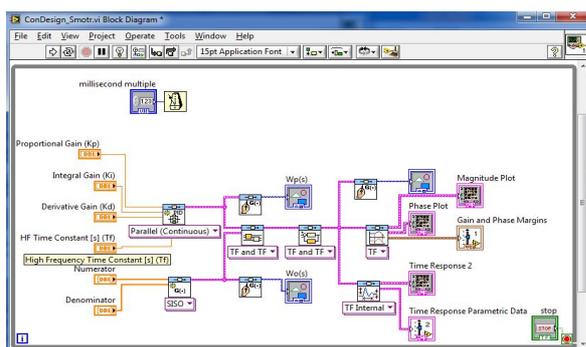


Рисунок 3. Блок- диаграмма

Для отображения переходного процесса и временной задержки используем аппроксимацию (CD Gain and Phase Margin) и палитру Time Response Graph. Задав параметры объекта управления, коэффициенты регулятора, результат получили и в виде графика, и в таблице параметров. Желаемый характер переходного процесса (монотонный,

колебательный) с заданными характеристиками получаем, изменяя настроечные параметры системы. Влияние изменяемых (настроечных) параметров наблюдаем на графике переходного процесса.

Кроме пакета Control Design существует пакет Simulation, предназначенный для компьютерного моделирования линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных динамических систем. Пользователю доступны многие численные методы решения дифференциальных уравнений, например, различные методы Рунге-Кутты. Модель может быть запущена с настолько большой скоростью, насколько это позволяет компьютер, а также с учетом шкалы реального или машинного времени, что имитирует поведение в реальном времени, при этом реализуется возможность взаимодействия пользователя с имитируемым процессом [5].

Работа со средой LabVIEW позволяет достаточно просто создать и проектировать САР, предоставляет возможность замены имитируемых элементов реальными объектами с помощью Simulation Interface Toolkit, что позволяет существенно сокращать время и затраты на проектирование и исследование различных автоматических систем [6].

Современные технологии бурно развиваются, что приводит к расширению методов и форм исследования и проектирования систем. Большинство систем автоматического управления необходимо моделировать перед внедрением перед эксплуатацией, и LabVIEW обеспечивает инженеров, студентов мощным и удобным средством программирования, которое широко используется не только для моделирования, но и для автоматизации и управления различными технологическими процессами в промышленности и в научных исследованиях.

Список литературы

1. Тревис Дж. Labview для всех. –М.: ДМК Пресс, 2005. -544 с.
2. Васильев В. Г. Моделирование систем автоматического управления в программной среде LabVIEW. – Тверь, 2007. – 25 с.
3. TechTeach [Электронный ресурс] - Режим доступа - <http://techt teach.no/> свободный - Загл. с экрана
4. Introduction to Control Design and Simulation using LabVIEW, By: Erik Luther, Rice University, Houston, Texas
5. Жуков К. Г. Модельное проектирование встраиваемых систем в LabVIEW. –М.: ДМК Пресс, 2011. – 688 с.
6. Hocdelam Group [Электронный ресурс] - Режим доступа - <http://hocdelam.org/> свободный - Загл. с экрана

ГЕНЕРАТОР СТАТИСТИКИ ЗАГРУЖЕННОСТИ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОГО КЛАСТЕРА

Леоненко Е.В.

Научный руководитель: А. В. Белоцерковский

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина, 30

E-mail: eli_leo@mail.ru

Введение

Сейчас практически ни одно предприятие, даже самое маленькое, не обходится без базы данных. Все документы, сотрудники, клиенты и тому подобное хранятся в базах данных. Одним из самых частых вариантов использования баз данных – генерация различной отчетности (за период, по пользователям, по отделам, годовой и т.д.). В данной работе автор ставит задачу по работе с отчетностью базы данных. Целью стало создание приложения, позволяющего работать с информацией из базы данных по использованию кластера.

В настоящее время предложено множество вариантов реализации текущей задачи. В том числе:

- *Windows Form Application* – стандартный графический оконный интерфейс;
- *Windows Presentation Foundation (WPF)* – система построения клиентских приложения Windows, в основе векторная система визуализации;
- *Model-view-controller (MVC)* – концепция использования шаблонов проектирования с помощью которых модель данных приложения, пользовательский интерфейс и взаимодействие с пользователями разделены на три отдельные компонента.

В данной работе использована концепция MVC. Такое решение было принято не только из-за широких возможностей настройки приложения, но и из-за удобства последующего запуска приложения на сервер ТПУ.

MVC (Model-view-controller) – схема использования нескольких шаблонов проектирования, с помощью которых модель данных приложения, пользовательский интерфейс и взаимодействие с пользователем разделены на три отдельных компонента так, что модификация одного из компонентов оказывает минимальное воздействие на остальные. Основная цель применения этой концепции состоит в разделении бизнес-логики (модели) от её визуализации (представления, вида). За счет такого разделения повышается возможность повторного.

Концепция MVC позволяет разделить данные, представление и обработку действий пользователя на три отдельных компонента:

1. *Модель (model)*. Объекты моделей являются частями приложения, реализующими логику домена данных приложения. Зачастую объекты моделей получают и сохраняют состояние модели в базе данных, например, объект. В небольших приложениях модель

часто является концептуальным слоем, нежели физическим.

2. *Представление (View)*. Представления отображают пользовательский интерфейс. Обычно этот интерфейс создается согласно данным из модели. Например, может существовать представление для редактирования записей в таблице Продукты, отображающее выпадающие списки, Checkboxes и другие поля, основываясь на текущем состоянии объекта Продукт.
3. *Контроллер (Controller)*. Контроллеры управляют взаимодействием с пользователем, работают с моделью и выбирают, какое из представлений обрабатывать и выдавать пользователю во время взаимодействия с ним. Например, контроллер обрабатывает строки из запроса и пересылает эти значения в модель, которая в дальнейшем может помещать их в базу данных.

Важно отметить, что как представление, так и контроллер зависят от модели. Однако модель не зависит ни от представления, ни от контроллера. Тем самым достигается назначение такого разделения: оно позволяет строить модель независимо от визуального представления, а также создавать несколько различных представлений для одной модели.

Структурное описание проекта

Логика настоящего проекта разделена на три части (рис.1). Как видно из рис.1, количество моделей, представлений и связывающих их контроллеров совпадает.

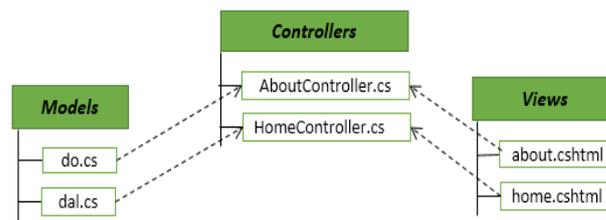


Рис.1 Структура приложения

Рассматривая подробнее составляющие проекта, стоит отметить основную часть – логику проекта (Model), где содержатся все выполняемые в Controller методы;

1. *Модель dal.cs*: данная модель выполняет выборку из базы данных и содержит два

метода. Метод `getEntitiesFromDatabase2()` реализует получение всех данных из базы данных и метод `getEntitiesBetweenTwoDates` имеет два параметра `startdate1` и `startdate2` типа `string` – это даты, которые клиент вводит в поля в представлении;

2. **Модель *do.cs***: в этой модели организованы запросы на удаление и изменение данных в БД. Метод `updateEntity(string Value Type, string oldEntity, string newEntity)` выполняет обновление записей. Параметры в методе – это значение поля в БД (выпадающий список), название для изменения и новое название. В методе нам потребовалось дополнительно производить конвертацию строковых переменных (`string`) в числовые (`int`) с помощью метода `Convert.ToInt32`.

Разработка графического интерфейса (views) представлены в виде разметки двух страниц на языке XHTML (Extensible Hypertext Markup Language). Страницы содержат такие элементы разметки страницы как: `<link>` - ссылка, `<div></div>` - контейнер, `<table></table>` `<tr></tr>` `<td></td>` - таблица, строки, столбцы, `<input>` - создание поля формы, `TempDate`.

Можно отметить, что наличие интернет соединения уже стало необходимостью, поэтому реализация графического интерфейса позволяет не только быть независимым от машины клиента, но и облегчает занимаемый вес и требования ресурсов клиентской машины.

Но и модель и представление проекта не будут реализованы без контроллера (`controller`). В текущей проекте два контроллера: `HomeController` и `AboutController`, в которых вызываются методы из модели, к которой создан конструктор, и возвращается кроме параметров (если нужно), определяющее представление для модели.

Нельзя забывать и о возможных ошибках работы пользователя с интерфейсом (например, неверный формат даты). Для этого в моделях предусмотрено выполнение блоков и методов в структуру `try-catch`. В `try` находится весь выполняемый код, и если какая-либо часть кода не выполнялась, то программа переходит в блок `catch`, который «ловит» исключение `Exception` и обрабатывает его. В текущем проекте в `catch` выводится сообщение об ошибке в блоке (например: «неверный формат ввода, попробуйте ввести еще раз в формате dd/MM/yyyy»).

Результаты проекта

В результате все описанных действий было получено готовое приложение, результатом выполнения которой является веб-интерфейс (рис. 2 и рис. 3).

Данные проект позволяет генерировать отчетность за введенный пользователем период. Отчетность представлены в виде таблицы с данным о пользовании кластера пользователями.

Если потребуется, пользователь может добавить себя в базу и получить доступ к кластеру.

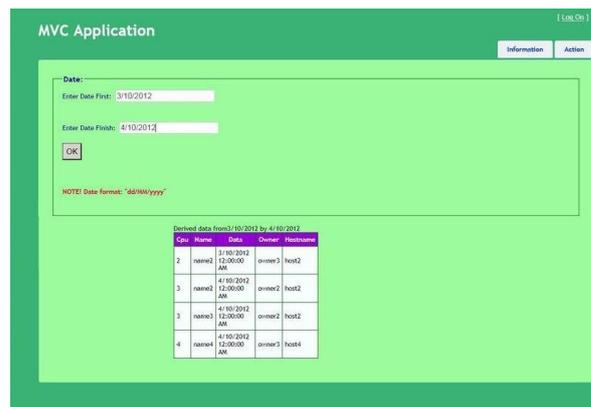


Рис. 2 Графический интерфейс страницы Information

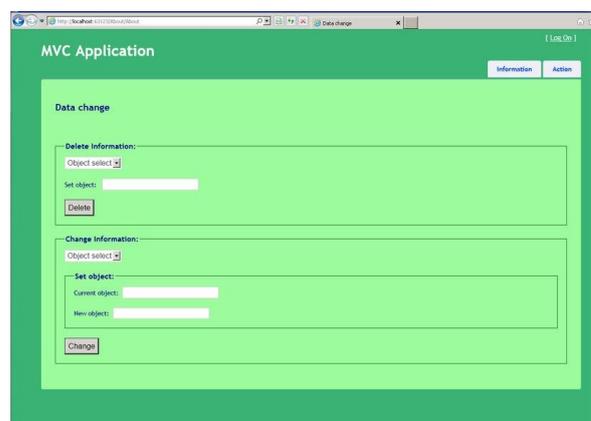


Рис. 3 Графический интерфейс страницы Action

В проекте мы работали с данными об использовании кластера суперкомпьютера, сгенерированными им в базу данных. Мы применили технологии MVC и Entity Framework, языки: C#, SQL (Structured Query Language), LINQ (Language Integrated Query), XHTML.

Заключение

В итоге мы получили наглядное приложение, реализованное в Microsoft Visual Studio и позволяющее выполнять действия и выводить информацию. Решение, выбранное в ходе выполнения проекта, позволяет генерировать статистику загрузки суперкомпьютерного кластера. Проект также может претендовать на универсальность реализации на машине, так как системные требования использованной концепции и готового результата минимальны.

После прохождения проверки и доработки текущий проект будет реализован на базе сервера Томского Политехнического Университета.

Литература

1. Управление документами и бизнес-процессами [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.intellectika.ru/index.php>, свободный.
2. Портал о консалтинге [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consult.ru/themes/default/publication.asp?folder=1924&publicationid=414>, свободный.

3. Официальный сайт компании DocsVision [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docsvision.com/index.phtml?Name=Analytics>
4. Официальный сайт консалтинговой системы DSS Consulting [Электронный ресурс]. –Режим доступа: http://www.dssconsulting.ru/index.phtml?id_page=81, свободный
5. Система управления документами и бизнес-процессами DocsVision 3.6 SR1. Брошюра .2006 г.- 46с.

ФОРМИРОВАНИЕ РОДИТЕЛЬСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ РАСПИСАНИЯ В ВУЗЕ ПРИ ПОМОЩИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

Леонтьев П.Н.

Научный руководитель: Вылегжанин О.Н., к.х.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: leontev.petr@gmail.com

В наше время различные оптимизационные задачи, возникающие в новых научных направлениях, требуют всё более и более разнообразных решений, так как каждая из них имеет свои уникальные характеристики, которые необходимо учитывать, чтобы получить достаточно хорошее решение. Построение расписания в вузе является одной из таких задач.

Существующие методы решения относятся либо к целочисленному программированию, либо к комбинаторным алгоритмам. Однако с увеличением объёма исходной задачи их требовательность по отношению к ресурсам резко возрастает, что становится неприемлемым для получения оптимальных решений[1].

На текущий момент *генетические алгоритмы* (ГА) представляются одним из наиболее перспективных вариантов для решения поставленной задачи. Они находят глобальный оптимум, не останавливая свой процесс при получении какого-либо из локальных, что является недостатком почти всех стандартных методов решения оптимизационных задач.

Суть ГА состоит в следующем: изначально формируется некоторое множество кандидатов-решений (*родительская популяция* или *поколение* - РП), удовлетворяющее базовым требованиям задачи, и после этого для каждого элемента этого множества вычисляется так называемое значение целевой функции (*фитнес-функции*), которое означает важность данного элемента, то есть насколько текущий кандидат-решение соответствует оптимальному решению задачи. Далее, посредством специального процесса, называемого *отбором*, из РП отбираются кандидаты с наиболее высоким значением целевой функции. Затем берутся 2 любых кандидата-решения из полученного на предыдущем этапе множества и при помощи специальной операции, называемой *скрещиванием*, из них получается один или более кандидатов - *потомки*. Следующим шагом на каждый из потомков с определённой вероятностью подвергается воздействию *мутации*, которая изменяет какие-либо его характеристики, не выходя из условий задачи. Сформированное таким образом множество является новым родительским поколением и над ним проводится всё тот же круг операций. Этот процесс продолжается до тех пор, пока какой-либо из кандидатов-решений не будет близок к оптимальному решению задачи[2][3].

В задаче построения расписания в вузе в качестве кандидата-решения (родителя)

рассматривается, как это ни странно, двухнедельная таблица расписания - таблица размером 5x12 – 5 занятий в день на аудиторию и 6 учебных дней в неделю:

	1 занятие	2 занятие	3 занятие	4 занятие	5 занятие
Понед-1					
Вт-1					
Ср-1					
Четв-1					
Пятн-1					
Субб-1					
Понед-2					
Вт-2					
Ср-2					
Четв-2					
Пятн-2					
Субб-2					

Рис. 1. Вид родителя

Каждая ячейка такой таблицы представляет собой список списков, то есть содержит номер дисциплины, ФИО преподавателя, группу и аудиторию. Эта информация берется из заранее составленного списка педагогических поручений (СПП) следующего вида:

Дисциплина	Номер группы	Кол-во ЛК и ПР за 2 недели	Тип аудитории
1	1110	2,4	Общ
2	1210	2,4	Общ
3	1320	2,2	Комп.класс
4	1410	2,2	Общ

Рис. 2. Часть списка пед. поручений

Таким образом, задача состоит в дополнении СПП так, чтобы каждому поручению соответствовала пара значений <время, место>.

Формирование очередного родителя можно начать используя как поручения с самыми дефицитными аудиториями, так и наоборот. Разнообразие родителей в первом поколении даёт неплохое преимущество при проведении операций отбора, скрещивании и мутации, так как пространство для их реализации становится довольно объёмным. Проблема здесь состоит в том, чтобы процесс формирования родителей был

детерминированным, то есть, чтобы каждый раз СПП преобразовывался строго определённым образом, поскольку иначе имеется риск получить одинаковых родителей.

Также одним из условий задачи является получение строго определённого количества родителей N . Его можно очень простым способом связать с числом различных типов аудиторий K . Для этого применяется сортировка по аудиториям в порядке возрастания дефицита по отношению к СПП, и в результате в нём будет иметься K блоков поручений. Очевидно, что возможно начать формирование очередного родителя как с блока, который содержит наиболее дефицитные аудитории, так и наоборот. Тогда мы можем учесть все перестановки K блоков, так как каждая перестановка будет формировать нового родителя. Таким образом, даже без дополнительных действий над блоками можно получить уже $K!$ родителей.

Если же $K! < N$, то дальнейшие действия состоят в следующем: применяется разбиение каждого из блоков на одно и то же число p ($p > 1$) подблоков, а затем следует их перестановка. Тогда суммарное количество родителей

Величину p можно найти простым перебором, так как факториал растёт очень быстро.

В случае если данный способ не позволяет получить необходимое число родителей, то можно переставлять поручения в подблоках каждого из K блоков. Пусть длины каждого из K блоков равны соответственно l_1, l_2, \dots, l_k . Тогда стоит заметить, что в i -м блоке () будет подблоков, причём среди них будет $(p-b)$ подблоков длиной — и b подблоков длиной —, если p_i не делится на p нацело. Величина —, то есть представляет собой остаток от деления длины блока на количество необходимых подблоков p . Отсюда число родителей, которое можно получить, учитывая перестановки в подблоках каждого из K блоков, будет равно:

Учитывая, что:

можно упростить полученную формулу:

Величина p снова ищется простым перебором.

После того, как будет выяснено, стоит ли разбивать блоки на части, чтобы получить достаточное количество родителей N , необходимо применить детерминированный алгоритм для получения всей родительской популяции. Например, если имеет место первый случай (), то алгоритм состоит из следующей последовательности действий:

- 1) Просмотреть весь СПП, запомнить номера первого и последнего поручений в каждом блоке (в результате получается некоторый двумерный массив A),
- 2) Создать новый массив B размером K и его элементам присвоить их порядковые номера (начиная с 1).
- 3) В цикле с 1 по N :
 - А) В цикле с 1 по K :
 - а) Взять текущий элемент массива B и обратиться к элементу массива A с таким же номером (по i) для получения начального и конечного номеров поручений для текущего блока.
 - б) Использовать текущий блок для получения родителя.
 - в) Перейти к следующему элементу массива B .
 - В) Получить очередную перестановку элементов массива B .

Во втором и третьем случаях алгоритм усложняется за счёт того, что необходимо соблюдать условие постоянности границ блоков, то есть нельзя допускать, чтобы границы разных блоков менялись местами [4].

Таким образом, при построении родительской популяции была выявлена взаимосвязь изначальных и требуемых по условиям задачи характеристик. Эта связь носит вполне определённый характер и является отличным инструментом для анализа итогового решения, а также для исследования этапов отбора, скрещивания и мутации.

Список литературы:

- 1) Коффман Э.Г. Теория расписаний и вычислительные машины.—М.:Наука,1984. 367с.
- 2) Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы: Учебное пособие. Под ред. В.М. Курейчика.- Ростов-на-Дону: ООО «Ростиздат», 2004.—400с.
- 3) Емельянов В.В., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Теория и практика эволюционного моделирования.—М:Физматлит, 2003.-432с.
- 4) Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн, Алгоритмы: построение и анализ, 2-е издание: пер. с англ.—М.:Издательский дом "Вильямс", 2005.-1296с.

ОБЗОР ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ДОКУМЕНТООБОРОТА В ГОСУДАРСТВЕННЫХ ВЕТЕРИНАРНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Лищенко К.Е.

Научный руководитель: Важаев А.Н., старший преподаватель
Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета,
652055, г. Юрга, Кемеровская обл., ул. Ленинградская 26.

E-mail: tina_evgenyevna@mail.ru

Информационные системы для автоматизации документооборота решают важные задачи ведения делопроизводства, документооборота, задачи по обработке большого количества документации, ее сортировки, переработки, а так же важные управленческие задачи по организации эффективной деятельности.

Информационные системы для автоматизации документооборота решают важные задачи ведения делопроизводства, документооборота, задачи по обработке большого количества документации, ее сортировки, переработки, а так же важные управленческие задачи по организации эффективной деятельности.

Внедрение электронного документооборота, а так же создание единой информационной системы управления в государственных ветеринарных учреждениях влечет за собой снижение расхода бумаги, рациональное использование рабочего времени, возможность мгновенной доставки документов к исполняющим лицам, сокращение сроков согласования документации, упрощение процедур коллективного процесса работы с документами, возможность мониторинга отчетности по документам и принятия конкретных решений.

Системой государственной ветеринарной службы Российской Федерации, которая включает в себя: федеральные органы исполнительной власти и подведомственные ему территориальные органы; ветеринарные (ветеринарно-санитарные) службы федеральных органов исполнительной власти; в субъектах Российской Федерации – уполномоченные в области ветеринарии органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации и подведомственные им учреждения осуществлен переход на новую систему электронного делопроизводства, которая позволяет полностью перейти на безбумажный документооборот, автоматизирован весь цикл документооборота и обеспечена интеграция с информационными системами межведомственного документооборота и обращениями граждан.

В настоящее время уже созданы, апробированы и внедрены в опытно-экспериментальном порядке несколько информационных программных комплексов, зарегистрированные в качестве государственных информационных систем, которые являются материальной основой системы прослеживаемости пищевой и биологической

безопасности страны. Первыми введены автоматизированные информационные системы «Аргус», «Меркурий» и «Веста». [Официальный сайт Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору/[Электронный ресурс]:/[сайт]. Россельхознадзор. Новости. Об итогах коллегии Россельхознадзора. 30 ноября 2010. – Режим доступа: /http://www.fsvps.ru. свободный. – Загл. с экрана.]

Автоматизированная система «Веста» предназначена для автоматизации процесса сбора, передачи и анализа информации по проведению лабораторного тестирования образцов поднадзорной продукции при исследованиях в области диагностики, пищевой безопасности, качества продовольствия и кормов, качества и безопасности лекарственных средств для животных и решения множества задач в ветеринарии. Система «Веста» состоит из нескольких подсистем, предназначенных для использования различными пользователями.

Система «Аргус» предназначена для автоматизации ветеринарного надзора на внешней границе Таможенного Союза, то есть для автоматизации процесса рассмотрения заявок на ввоз, вывоз или транзит животных, продуктов и сырья животного происхождения, процесса выдачи разрешений или отказов.

В результате интеграции систем «Аргус» с действующими автоматизированными информационными системами «Меркурий» и «Веста» и с разрабатываемыми Россельхознадзором системами «Цербер» и «Хорриот» создается единая информационная среда в сфере ветеринарии и обеспечения пищевой безопасности.

В 2012 году в Государственной информационной системе «Аргус» реализован и начал использоваться модуль учета нарушений и задержаний подконтрольных госветнадзору грузов при ввозе на территорию Таможенного союза.

Субъекты ВЭД, осуществляющие импорт поднадзорной продукции, в своем интерфейсе в автоматизированной системе «Аргус» получили возможность просматривать информацию о принадлежащих им задержанных грузах с указанием причины и выявленных нарушениях.

На данный момент автоматизированная системы «Аргус» и «Веста» реализованы в виде веб-приложений. Работа осуществляется с помощью веб-браузера.

СОВРЕМЕННЫЙ УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЭНД «ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ»

Логунов В.А., Чурсин Ю.А., Денисевич А.А.

Томский политехнический университет, г. Томск, 634004, пр. Ленина, 30

e-mail: izvestkovo@mail.ru

Роль современного электропривода в народном хозяйстве

Успешное развитие отечественной атомной промышленности, науки и техники стало возможным во многом благодаря тому, что в стране практически одновременно были начаты работы как по созданию новейших технологий и уникального оборудования, так и по их оснащению принципиально новыми приборными средствами и соответственно разработкам систем автоматического управления над новыми устройствами. Автоматизация технологических процессов является решающим фактором в повышении производительности труда, улучшении качества выпускаемой продукции и экономии ресурсов. Автоматизация становится необходимой особенно при управлении простыми технологическими операциями, которые человек не может осуществлять из-за их монотонности и длительности. Одними из самых распространенных устройств атомной промышленности, являются двигатели, которые применяются в компрессорах, насосах, турбинах. Главными достоинствами двигателей, являются простота использования, универсальность и отсутствие аналогичных по принципу работы устройств.[1]

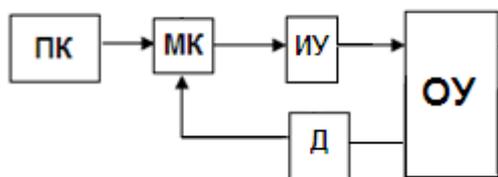


Рисунок 1 – Универсальная структурная схема

На рисунке 1 показана универсальная структурная схема управления любым объектом (здесь МК – микроконтроллер, Д – датчик, ИУ – исполнительный механизм, ОУ – объект управления, ПК – персональный компьютер).

Проведение работ по разработке лабораторных комплексов (стендов) в Томском политехническом университете на кафедре ЭАФУ.

В целях ознакомления студентов с подобными принципами появляется необходимость создания лабораторного стенда, в котором можно будет получить практические навыки по исследованию систем автоматического управления асинхронными двигателями. Лабораторный стенд будет имитировать технологическое производство, которым необходимо будет управлять. Данный стенд предназначен для проведения лабораторных и исследовательских

работ по изучению динамических характеристик асинхронного двигателя т.е. время первого согласования, перерегулирование, время переходного процесса и время выбега. Выполнение учащимися лабораторных работ, является важным средством более глубокого усвоения и изучения учебного материала, а также приобретения практических навыков по экспериментальному исследованию и обращению с различными приборами электроники и автоматизации. Чтобы внедрить на производство для предприятий «новизну» идеи, необходимо сначала произвести испытания на лабораторном стенде, с целью выявления ошибок, недочетов и работоспособности идеи.

Лабораторный стенд состоит из следующих компонентов: асинхронный трехфазный двигатель, частотный преобразователь, микроконтроллер, угловой энкодер, двигатель постоянного тока, персональный компьютер. Асинхронный трехфазный двигатель – это электрическая машина переменного тока, частота вращения ротора которой не равна частоте вращения магнитного поля, создаваемого током обмотки статора. Двигатель постоянного тока (ДПТ) – электрическая машина, преобразующая электрическую энергию постоянного тока в механическую энергию. Частотный преобразователь на производстве обеспечивает плавный пуск электродвигателя, его остановку, изменение скорости и направления вращения. Микроконтроллер предназначен для создания систем автоматизированного управления технологическим оборудованием в различных областях промышленности. Датчик угла поворота (энкодер) – устройство, предназначенное для преобразования угла поворота вращающегося объекта (вала) в электрические сигналы, позволяющие определить угол его поворота.[2]

При этом пользователь с компьютера может управлять крутящим моментом асинхронного двигателя, а также моментом нагрузки двигателя постоянного тока. Основным достоинством является то, что сохраняется наглядность, т.е. пользователь видит асинхронный трехфазный двигатель и сопутствующие элементы, тем самым стенд не представляет собой некий «черный ящик» в котором происходят неизвестные процессы.

Основные принципы работы стенда

Микропроцессорное управление

В качестве управляющего микропроцессора использовался микроконтроллер STM32L152RBT6, который входит в состав отладочной платы STM32L-DISCOVERY, которая изображена на рисунке 2.



Рисунок 3 – Отладочная плата Stm32L-DISCOVERY

Основные характеристики:

1. Ядро Cortex-M3, 128 кБ Flash, 16 кБ RAM, 4 кБ EEPROM, интерфейсы: USB2.0 FS, 3xUSART, 2xSPI, 2xI2C, 8 таймеров, 24-канальный 12-бит АЦП 1мкс, компараторы, 2x12-бит ЦАП, часы реального времени, контроллер LCD 8x40;
2. Встроенный программатор/отладчик ST-Link с возможностью программировать другие микроконтроллеры STM32;
3. LCD дисплей 24x8 в форм-факторе DIP28;
4. Четыре светодиода: LD1 (красный/зеленый) для сигнализации обмена данными по USB, LD2 (красный) для питания 3.3В, два пользовательских диода LD3 (зеленый) и LD4 (синий);
5. Две кнопки (user и reset), сенсорная клавиатура (четыре сенсорных кнопки или один слайдер).[3]

Связь с компьютером

Связь и управление осуществляется посредством интерфейса RS-232 с использованием протокола Modbus[5], разработано программное обеспечение в SCADA-системе TraceMode6.06, реализующее управление микроконтроллером.

Связь с асинхронным трёхфазным двигателем

Связь между контроллером и асинхронным двигателем осуществляется с помощью частотного преобразователя, посредством которого происходит регулирование скорости вращения асинхронного двигателя.

Наглядное представление информации

Информация выдётся пользователю/оператору на экран монитора в цифровом и графическом виде, а также на жидкокристаллическом дисплее отладочной платы Stm32L-DISCOVERY. Управление

осуществляется путем ввода значения мощности асинхронного трехфазного двигателя, а так же ввода величины нагрузки.

Работа стенда

На рисунке 2 изображена функциональная схема стенда.

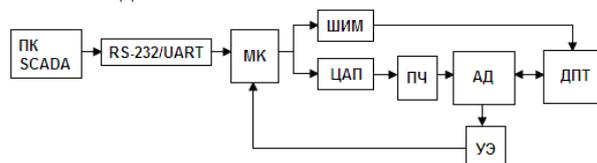


Рисунок 2 – Функциональная схема стенда

ПК – персональный компьютер, RS-232 – преобразователь уровня, МК – микроконтроллер, ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь, ШИМ – широтно-импульсная модуляция, ПЧ – преобразователь частоты, УЭ – угловой энкодер, АД – асинхронный трехфазный двигатель, ДПТ – двигатель постоянного тока.

Как видно из схемы, управление асинхронным двигателем и его нагрузки производится благодаря подаче управляющего сигнала на микроконтроллер, который в свою очередь посылает задающий сигнал на ШИМ и ЦАП, которые непосредственно управляют асинхронным двигателем и нагрузкой двигателя постоянного тока в режиме генератора.

В результате выполнения данной работы, студентам позволит наглядно видеть протекающие процессы, при изменении параметров управления и нагрузки асинхронного двигателя.

В дальнейшем планируется составить методику изучения динамических характеристик асинхронного трёхфазного двигателя, т.е. время первого согласования, перерегулирование, время переходного процесса и время выбега, а также описание лабораторного стенда.

Литература

1. Сташин В.В., Урусов А.В., Мологонцева О.Ф. Проектирование цифровых устройств на однокристальных микроконтроллерах. М.: Энергоатомиздат, 1990. – 224 с.
2. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.: ил.
3. Техническое описание отладочной платы Stm32L-DISCOVERY сайт производителя: www.st.com
4. Справочник. Микроконтроллеры: архитектура, программирование, интерфейс. Бродин В.Б., Шагурин М.И. М.: ЭКОМ, 1999.
5. Спецификация промышленного протокола «Modbus» [Электронный ресурс]: Техническое описание / Copyright © 2000 Modicon Gould, Ins. – Режим доступа: <http://www.modicon.com/techpubs/toc7.html>.

ПРОТОТИП СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ТЕЛЕМЕТРИИ И ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ГОРНЫХ МАШИН

Мещеряков Я.Е., Обоянский П.М.

Научные руководители: Курышкин Н.П., к.т.н., доцент, Любимов О.В., к.т.н., доцент
ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: Yoruk91@gmail.com

Кузбасс является угольным сердцем России, где в 2012 году были добыты рекордные 200 млн. тонн угля, а к 2020 году добыча увеличится более чем в два раза. Главным приоритетом развития угольной отрасли региона должно стать применение безопасных технологий путём увеличения доли добычи угля открытым способом, а также использования предварительной дегазации угольных пластов. Всё это будет сопровождаться значительным увеличением объёма буровых и буровзрывных работ.

Второй отличительной особенностью развития экономики региона является увеличение объёмов строительства жилья и объектов инфраструктуры городов. При этом расширяется сфера использования новых технологий бестраншейной прокладки коммуникаций на территориях существующей застройки – технологий горизонтального и горизонтально-направленного бурения.

Качество проведения как вертикальных, так и горизонтальных буровых работ определяется точностью позиционирования платформы бурового станка, а также точностью положения в пространстве исполнительного органа – буровой коронки. Так при проходке буровзрывных скважин на угольных разрезах постоянный мониторинг горизонтальности платформы бурового станка исключит заклинивание и последующую поломку бурового става. Постоянный мониторинг положения бурового инструмента при горизонтальном бурении, с последующей его корректировкой, позволит обеспечить точность выхода инструмента в завершающей фазе бурения.

Основными функциональными элементами электронного устройства непрерывного мониторинга положения в пространстве буровых станков и их исполнительных органов являются:

- датчик (первичный преобразователь), включающий гироскоп и компас-акселерометр;
- микроконтроллер;
- помехоустойчивая линия связи
- вычислительное устройство;

Если контролируется положение буровой коронки, то датчик должен быть дополнен излучателем, а по пути бурения должен находиться модуль с приёмником.

Современная электронная промышленность выпускает достаточно разнообразную гамму элементов таких функциональных устройств. Разработанный авторами прототип включает (рис. 1):

- трёхосевой микроэлектромеханический (MEMS) гироскоп L3GD20 – 1;

- трёхосевой MEMS компас-акселерометр LSM303DLHC – 2;
- микроконтроллер р891рс932а1 с установленной операционной системой – 3;
- LIN трансмиттер TJA1021 – 4;
- вычислительный модуль на основе одноплатного компьютера Raspberry Pi – 5;
- источник стабилизированного питания;
- специализированное программное обеспечение.

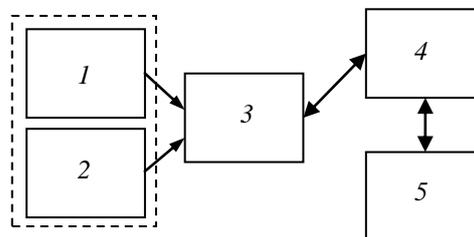


Рис. 1. Функциональная блок-схема устройства

Таким образом, разработанная система имеет 6 степеней свободы и позволяет измерять:

- с помощью гироскопа – величину угловой скорости крена, тангажа и рысканья;
- с помощью компаса-акселерометра – проекции ускорения на оси x, y, z.

Гироскоп имеет встроенный датчик температуры для компенсации дрейфа нуля.

Следует отметить, что выходные сигналы с гироскопа очень сильно зашумлены и наблюдается сильный дрейф нуля, так же есть накапливающаяся ошибка в результате суточного вращения Земли.

Компас-акселерометр представляет собой высокой чувствительности компас с прикрученным к нему акселерометром, необходимым для вычисления поправки. Дело в том, что когда компас находится в горизонтальном положении, его показания достаточно точны, а стоит его наклонить, как в выходных данных начинается хаос и неразбериха. Для устранения этой проблемы необходимо вычислять склонение, которое определяется положением интегральной микросхемы в пространстве.

Микроконтроллер (МК) используется в качестве «сборщика» информации, он «собирает» данные с датчиков, подключенных по интерфейсу I2C, и передает их по помехозащищённому каналу LIN к вычислительному модулю.

В качестве вычислительного модуля был использован одноплатный компьютер Raspberry Pi

(модель В) (рис. 2), несущий на борту мощный процессор ARM архитектуры Broadcom BCM2835, работающий под управлением операционной системы Linux.



Рис. 2. Одноплатный компьютер Raspberry Pi

На рис. 3 представлен фрагмент массива данных в консоли вычислительного модуля Raspberry Pi. Данные снимались с акселерометра (Aks) и с компаса (Kom) по трём осям соответственно x (белый), y (синий) и z (красный).

```
pi@raspberrypi: ~/Prog
Файл Правка Вкладки Справка
pi@raspberrypi ~/Prog $ ./LSM303
Hello from KuzSTU !!!
Aks: 280 65230 972 Kom: 65424 166 65101
Aks: 274 65215 948 Kom: 65391 171 65105
Aks: 263 65344 989 Kom: 65478 112 65072
Aks: 278 65263 989 Kom: 65396 118 65076
Aks: 259 65338 1015 Kom: 65459 66 65055
Aks: 169 65280 994 Kom: 65455 131 65079
Aks: 239 65388 1039 Kom: 65496 52 65053
Aks: 238 65307 995 Kom: 65447 124 65080
Aks: 228 65407 1017 Kom: 65473 54 65051
Aks: 256 65313 1000 Kom: 65439 53 65053
Aks: 255 65347 951 Kom: 65460 124 65076
```

Рис. 3. Фрагмент массива данных в консоли вычислительного модуля Raspberry Pi

Разработанное программное обеспечение выполняло основательную математическую «чистку» сильно зашумленных данных, получаемых с датчиков. В качестве алгоритма очистки был применен метод скользящей медианы. Фрагмент листинга программы считывания значений с шины I2C на языке C++ представлен ниже:

```
void readAccel (void) //Чтение акселерометра (Accel)
{
    uint8_t Data[6]; //данные с 3х осей по 2 байта
    Accel.addrSet
    (LSM303DLHC_ACCEL_ADDRESS);
    Accel.readBlock (LSM303_OUT_X_L_A,
    sizeof(Data), Data); //Точка начала чтения, количество считываний, куда записываем
    //Объединение байтов
    acc_x = (int16_t)(Data[0] | Data[1] << 8) >> 4;
    acc_y = (int16_t)(Data[2] | Data[3] << 8) >> 4;
    acc_z = (int16_t)(Data[4] | Data[5] << 8) >> 4;
}
```

```
}
void readMag (void) //Чтение компаса (Mag)
{
    uint8_t block[6]; //данные с 3х осей по 2 байта
    Mag.addrSet (LSM303DLHC_MAG_ADDRESS);
    Mag.readBlock (LSM303_OUT_X_H_M,
    sizeof(Data), Data); //Точка начала чтения, количество считываний, куда записываем
    //Объединение байтов
    mag_x = (int16_t)(block[1] | block[0] << 8);
    mag_y = (int16_t)(block[5] | block[4] << 8);
    mag_z = (int16_t)(block[3] | block[2] << 8);
}
```

- В результате программа обеспечивает:
- согласование и работу всей системы;
 - фильтрацию шумов;
 - борьбу с дрейфом в состоянии покоя;
 - борьбу с вибрацией;
 - расчет склонения компаса;
 - минимизацию накопленной ошибки

вследствие суточного вращения Земли.

Эффективность фильтрации определяется числом взятых для обработки элементов из массива исходных данных. На рис. 4 в графическом виде представлены результаты обработки данных по одной оси, когда датчик находится в состоянии покоя.

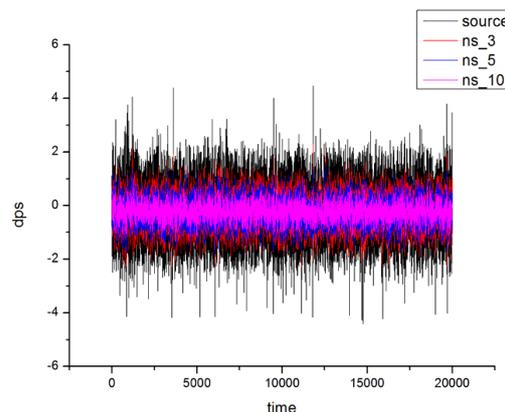


Рис. 4. Результат использования метода скользящей медианы

Здесь черным цветом изображены первоначальные «сырые» данные. Красным цветом показан результат использования метода скользящей медианы с выборкой трёх элементов, синим – пяти и розовым – десяти элементов исходных данных.

Заключение. Скомпонованная из функциональных блоков автоматическая система оценки положения исполнительных органов горных машин является пока прототипом реальной системы, тем не менее, она доказала свою работоспособность. До конца не решена задача эффективной фильтрации данных. Следующим шагом в её решении станет разработка и использование алгоритмов комплементарного фильтра, либо фильтра Калмана и переход на помехоустойчивую сеть CAN.

МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ NXP СЕМЕЙСТВА LPC900, SILABS СЕМЕЙСТВА C8051FXXX И AVR СЕМЕЙСТВА XMEGA

Мещеряков Я.Е.

Научные руководители: Курышкин Н.П., к.т.н., доцент, Любимов О.В., к.т.н., доцент
ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: Yoruk91@gmail.com

С каждым годом электронная промышленность выпускает новые всё более сложные и мощные микроконтроллеры (МК), тем самым усложняя процесс разработки и проектирования электронных устройств на основе микроконтроллеров.

Эффективным решением этой проблемы является использование в электронных устройствах специального программного обеспечения в виде конечных автоматов и разработка простых и эффективных операционных систем (ОС).

Такая ОС была разработана для микроконтроллеров AVR семейства XMEGA [1]. С появлением новых микроконтроллеров она была модернизирована с уклоном на усовершенствованное ядро архитектуры 80C51.

Главными особенностями модернизированной ОС стали:

- перенос ОС на язык среднего уровня C/C++;
- поддержка МК улучшенной 1x/4x/2x - тактовой архитектуры 80C51 для МК фирмы Silabs c8051Fxxx и фирмы NXP LPC700/LPC900;
- полная поддержка МК AVR семейства XMEGA серий A и D;
- высокая гибкость системы на языке C++;
- разработка специализированных универсальных драйверов для модулей микроконтроллера;
- улучшение системы приоритетов при выборе и установке задач на исполнительный конвейер;
- возможность считывания последовательности команд и их аргументов из памяти EEPROM;
- работа ОС в режиме «псевдо многопоточности».

Перенос ОС на язык среднего уровня C/C++ позволил значительно упростить разработку программ и увеличить надежность.

В сводной таблице приведены сравнительные характеристики новых микроконтроллеров с улучшенной CISC-архитектурой на базе ядра 80C51. Именно на них была сориентирована модернизированная ОС. В таблице: под максимальной скоростью понимается максимальная частота стабильной работы МК; производительность – это количество операций, выполняемых МК на максимальной частоте в MIPS (MIPS – Mega Instruction Per Second – 1 миллион операций в секунду).

Сводная таблица параметров МК

Фирма - производитель	Семейство	Максимальная скорость	Производительность
NXP	LPC700	18 MHz	4.5MIPS
NXP	LPC900	18 MHz	9 MIPS
Silabs	C8051Fxx	от 20 MHz	1 IPS/Hz
Atmel	Xmega	32 MHz	32 MIPS

В список поддерживаемых ОС устройств попали представители классической архитектуры 80C51 (рис. 1): МК LPC700 (1), LPC900 (2) фирмы NXP, C8051Fxxx фирмы Silabs (3) с программатором (4) и ATAVR XPLAIN A1 (5) фирмы Atmel. МК 80C51 имеют очень высокую надежность (практически полное отсутствие ошибок в работе кристалла), высокую плотность кода благодаря CISC архитектуре, имеют улучшенное ядро способное выполнять основную часть команд за 1 / 2 / 4 машинных такта (у классического ядра 12-тактное ядро). Так же хочется отметить очень низкий ток потребления МК фирмы Silabs и возможность работы при напряжении от 0.9 вольта.

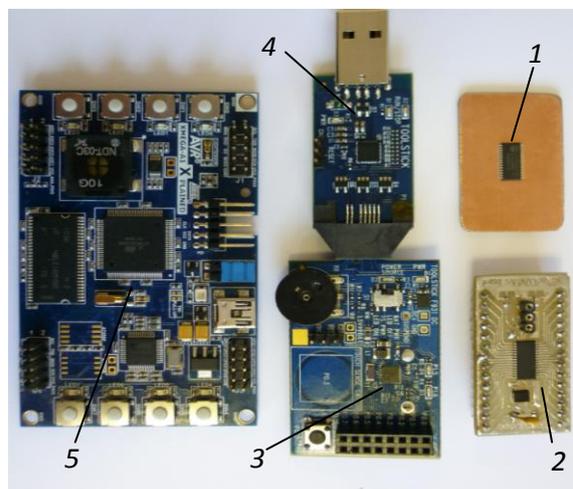


Рис.1 Отладочные платы для МК

Благодаря концепции нового подхода к конфигурации МК, отличного от того что, по мнению Atmel использовали и используют любители МК AVR, программирование основывается на двух принципах:

- 1) использование типовых модулей;
- 2) применение разнообразных битовых масок и логических операций.

То есть, по сути, модули представляют собой кирпичики (USART, TWI, ADC и т.п.), составляющие весь МК в целом, а раз так, почему бы в таком случае не отказаться от придумывания все новых и новых имен регистров и не назвать их все на один лад, скрыв каждый за своим модулем? Подход, берущий свои корни еще в переходе от C к C++, нашел свой путь и здесь.

Приведём пример объявления простейшего типа дробь:

```
struct Drob // Дробь
{
    char chislitel;
    char znamenatel;
};
```

Для того, чтобы указать член, с которым будет производиться работа, используется обычная разделительная точка:

```
test.chislitel = 1;
test.znamenatel = 2;
```

В итоге, в test у нас содержится дробь $\frac{1}{2}$ (с точки зрения компилятора это массив из 2-х переменных). То есть весь функционал структуры, ограничивается обычным сведением под “одну крышу”. Мы можем создать структуру хранения чего угодно, например содержания памяти температурного датчика. Можем также «насосоздавать» члены tempLsb, tempMsb и т.п., а потом объявить переменную с типом этой структуры и вызывать каждый член из нее. Таким образом, у нас все под рукой, прибрано и подсчитано, в отличие от того же массива, где нужно было бы помнить индекс расположения того или иного байта. Обычное наведение порядка, принцип “разделяй и властвуй”, который нашёл свое начало еще в самой концепции языка C.

Рассмотрим ещё один пример. Замена классической связки операторов If-Else может выглядеть так (пример из фирменной библиотеки):

```
void CLKSYS_XOSC_Config
(OSC_FRQRANGE_t freqRange, bool
lowPower32kHz, OSC_XOSCSEL_t
xoscModeSelection)
{
    OSC.XOSCCTRL = (uint8_t) freqRange |
(lowPower32kHz ? OSC_X32KLPM_bm : 0) |
xoscModeSelection;
}
```

Таким образом, используя все ресурсы языка C, код становится эффективнее и компактнее.

Теперь приступим к рассмотрению драйверов для работы с модулями. Т.к. модули во всем семействе XMEGA и ядра 80C51 являются однотипными, то появляется желание писать сразу нормальный драйвер под один модуль и затем использовать его по всему семейству.

Пример. Драйвер работы с модулем TWI для МК Xmega позволяет одной командой записать и считать нужное количество байт данных.

Данные для записи берутся из массива Data_w, считанные данные сохраняются в массиве Data_R. Num_Byte_to_Write и Num_Byte_to_Read количество байтов на запись. Драйвер работает следующим образом. Он считывает индексы на чтение и на запись байта из i / j элемента массива, смещаясь при каждой отправке или принятии байта. За одну команду можно считать или записать неограниченное количество данных:

```
TWI_MasterTranSieve (&twiMaster,
Dev_Address,
&Data_W[],
Num_Byte_to_Write,
&Data_R[],
Num_Byte_to_Read);
```

Автором была проведена модернизация системы обслуживания очереди. В прототипе исходной ОС была реализована кооперативная система обслуживания, т.е. задачи должны были кооперироваться между собой согласно приоритетам. Сейчас появилась частичная вытесняющая система, способная выгружать срочно потребовавшуюся задачу в один из трёх первых элементов очереди.

Все современные восьмиразрядные МК несут на борту энергонезависимую память EEPROM, в которой остаются данные после отключения питающего напряжения. Это особенность позволила очень сильно упростить процесс разработки ОС и появилась возможность визуального программирования МК. В FLASH-памяти МК хранятся только исходные коды задач, а последовательность и аргументы хранятся в памяти EEPROM, тем самым позволяя не «дергать» МК, а лишь править исходные данные в энергонезависимой памяти.

Постоянное переключение между задачами создает эффект «многопоточности». Например, пока подпрограмма отправляет данные в последовательный порт, МК может произвести какие-либо вычисления и выполнить что-нибудь интересное во время задержек между задачами.

Таким образом, разработанная год назад ОС для МК AVR семейства XMEGA была модернизирована с уклоном на классическое ядро 80C51, тем самым позволив создавать эффективные и очень надежные автоматизированные системы. Данная разработка нашла свое применение в создании автоматизированных систем позиционирования исполнительных органов горных машин.

Список литературы:

1. Мещеряков Я.Е. Операционная система для микроконтроллеров AVR семейства XMEGA. // Сб. тр. XVIII Международной научно-практической конференции «Современные техника и технологии». – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – Т. 2. – С. 359-360.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ АГЕНТНОГО МЕТОДА: МОДЕЛЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Милакина О.В.

Научный руководитель: Аметова Э.С., ассистент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: olga_m1234@mail.ru

В настоящее время имитационное моделирование является одним из важнейших направлений моделирования [1].

Имитационное моделирование - это эффективный инструмент исследования и проектирования сложных систем. Актуальность математических моделей непрерывно возрастает из-за их гибкости, сопоставимости с реальными процессами, невысокой стоимости реализации на базе современных ЭВМ. Все большие возможности предоставляются пользователю, т. е. специалисту по моделированию систем средствами вычислительной техники.

Методология имитационного моделирования с успехом применяется при анализе эффективности функционирования предприятий и производств, организации работы транспорта и сферы обслуживания; изучении различных сторон деятельности человека (охрана окружающей среды, управление водными ресурсами, экологические проблемы, энергетика и т.п.), в автоматизированном управлении технологическими и организационными процессами. Важно подчеркнуть, что имитационное моделирование используется на всех этапах жизненного цикла: при проектировании, создании, внедрении, эксплуатации систем, а также на различных уровнях их изучения - от анализа работы элементов до исследования взаимодействия систем в целом с окружающей средой.

Агентное моделирование – разновидность имитационного моделирования, современный метод, позволяющий исследовать работу децентрализованных агентов и то, как такое поведение определяет поведение всей системы в целом.

Объектом научно – исследовательской работы является модель дорожного движения, разработанная в программном обеспечении AnyLogic. Она прогнозирует движение автотранспорта и определяет различные дорожные ситуации. Все серьезнее встает проблема большого количества автотранспорта в городе, крупных «пробок» на дорогах и, как следствие, экономических и временных затрат. Результаты, получаемые в ходе моделирования, могут иметь решающее значение при принятии тех или иных решений, которые касаются планирования дорожной сети в городе, установки дорожных знаков, введения новых правил,

регламентирующих парковку или въезд в центр города и так далее.

За основу модели взята библиотека дорожного движения AnyLogic, позволяющая моделировать и визуализировать движение потоков машин. С ее помощью промоделирован уличный трафик машин, парковки и другие системы с машинами, дорогами и дорожными полосами.

В ходе разработки модель усложняется, приводятся незаурядные дорожные ситуации и моделируется поведение водителей, реагирующих на эти ситуации. В основе модели лежит набор основных элементов, из взаимодействия которых рождается обобщенное поведение системы.

Выделяются три стадии построения данной модели:

1) Определение границ модели: какое событие моделируется, каковы его рамки.

2) Определение поведения/ взаимодействия агентов: разработка модели поведения/принятия решений агентом и его взаимодействия с остальными агентами.

3) Разработка и апробация модели, проведение анализа чувствительности.

В модели также присутствуют статистические данные и графики. Таким образом, используя эту информацию, можно делать выводы о ситуациях на дорогах и использовать практические меры к улучшению дорожной ситуации.

На рисунке 1 представлен график, показывающий количество машин на дороге за условный час.

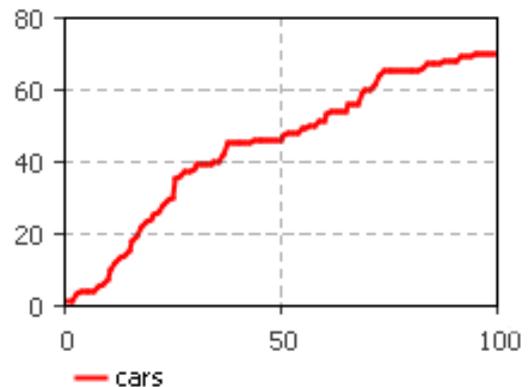


Рис.1. количество машин на дороге за условный час.

Агенты, т.е. водители, в модели обладают адаптивностью, позволяющей приспосабливаться к различным событиям. Агент гибок и обладает

способностью самообучения с течением времени в результате взаимодействия с другими агентами или на основе собственного опыта. В ряде случаев агент может даже изменять правила поведения на основе полученного опыта. На рисунке 2 показана модель взаимодействия двух агентов (автомобилей).

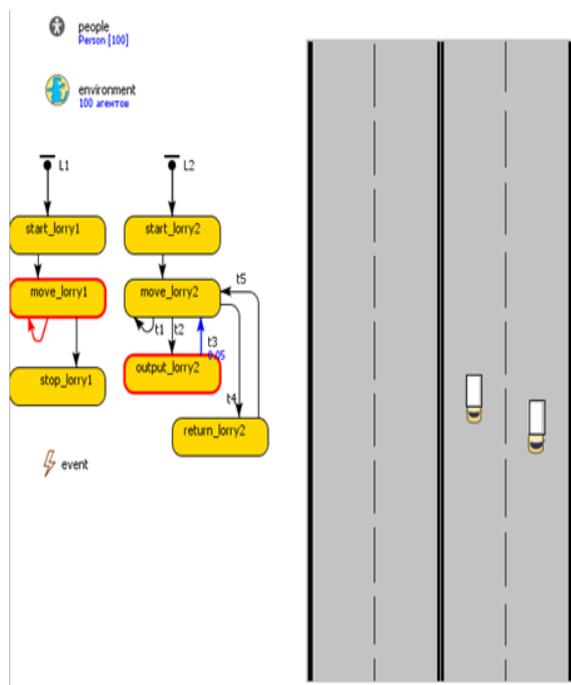


Рис.2. Модель взаимодействия двух автомобилей.

Так как агентное моделирование является новым направлением, следует разработать комплекс учебных материалов, отражающих суть данного подхода, его отличия от остальных, а также преимущества применения в определенных сферах деятельности.

В рамках агентного моделирования были созданы методические указания для студентов, основанные на изучении данной модели дорожного движения. Целью методических указаний является научить студентов основам агентного моделирования, а также показать как оно применяется в разработке более сложных систем.

Исследуя систему, студенты получают базовые навыки работы со стандартными элементами AnyLogic, научатся моделировать различные процессы, корректно отображать механизм поведения и взаимодействия элементов системы – т.н. «агентов». Так как моделирование в программном обеспечении AnyLogic строится на языке программирования Java, в методические указания включено обучение основам данного языка.

Заключение:

В ходе выполнения научно-исследовательской работы были получены следующие основные результаты:

- Изучен агентный метод как разновидность имитационного моделирования;
- Построена и обоснована модель дорожного движения для прогнозирования дорожных ситуаций;
- При помощи разработанной программы моделирования был проведен ряд экспериментов, который позволил и на качественном, и на количественном уровнях описать эффекты, которые происходят при увеличении концентрации автомобилей на дороге, изменении вероятности попадания автомобиля в ДТП.
- Разработаны методические указания для студентов на основе модели дорожного движения в рамках агентного моделирования;

В дальнейшем планируется развитие модели дорожного движения в направлении изменения модели для более корректного описания конкретных эффектов, построение новых моделей и создание методических материалов на их основе.

Список литературы:

1. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. СПб.: Питер; Киев: Издательская группа ВНУ, 2004.
2. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование на AnyLogic 5. // БХВ_Петербург, С.Петербург, 2005.
3. Мосалов О.П., Прохоров Д.В., Редько В.Г. Модель взаимодействия обучения и эволюции в многоагентных системах // Методы средства обработки информации. Труды Второй Всероссийской научной конференции – М.: МГУ – 2005 – С. 107-112.
4. Мосалов О.П., Прохоров Д.В., Редько В.Г. Сравнение эволюции и обучения как методов адаптации агентов // VIII Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2006» – М.: МИФИ – 2006 – С. 201-208.

СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ТЕКСТУРНЫХ И ЦВЕТОВЫХ ПРИЗНАКОВ

Мин И.В.

Научный руководитель: Аксёнов С.В., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: imin314@gmail.com

Введение

Одной из основных задач в области компьютерного зрения является задача извлечения информации и знаний из изображений. Сегментация – это процесс разбиения изображения на сегменты, которые представляют собой множества пикселей, объединенных по тем или иным признакам [1]. Результатом сегментации является совокупность сведений об исходном изображении, называемая картой изображения. Сегментация позволяет уменьшить объем информации на изображении, а также облегчить его последующий анализ.

На сегодняшний день сегментация изображений широко применяется в медицине для обнаружения опухолей и других патологий, определения объемов тканей, изучения анатомической структуры. Кроме того, сегментация изображений используется при анализе спутниковых снимков для выделения и распознавания объектов, а также в системах управления дорожным движением [1]. Различные современные системы для распознавания лиц и отпечатков пальцев основаны на применении сегментации цифровой фото- и видеоинформации.

Как было сказано выше, в результате сегментации исходное изображение делится на классы, однородные по некоторой характеристике или вычисленному свойству. Примерами таких свойств служат цвет, яркость или текстура. При этом методы, используемые для сегментации, еще более разнообразны, чем признаки, по которым различаются отдельные классы [2]. Следует отметить, что единого общепризнанного, эффективного подхода, который лежал бы в основе всех или хотя бы большинства методов, не существует.

Целью данной работы является реализация алгоритма сегментации на основе текстурных характеристик, то есть в качестве признака, по которому пиксели изображения объединяются в отдельный сегмент, используется текстура. Текстура изображения обычно включает упорядоченные узоры, состоящие из правильных элементов. В качестве примеров можно назвать траву, листву деревьев, пятна на шкуре животных и т.п.

1. Выделение текстурных признаков на основе энергетических характеристик Лавса

Для выделения текстурных признаков исходного изображения был выбран алгоритм,

основанный на использовании энергетических текстурных характеристик Лавса.

Информация о цветах исходного изображения преобразуется в массив I , каждый элемент которого содержит значение, вычисляемое в соответствии с выражением (1):

$$I[i, j] = \frac{R[i, j] + G[i, j] + B[i, j]}{3} \quad (1)$$

Для устранения влияния интенсивности освещения выбирается окно фиксированного размера, которое перемещается по исходному изображению. Из значения каждого центрального, относительно текущего положения окна, пикселя вычитается локальное среднее значение (2):

$$P[r, c] = I[r, c] - \frac{\sum_{j=c-(w-1)/2}^{c+(w-1)/2} \sum_{i=r-(w-1)/2}^{r+(w-1)/2} I[i, j]}{w^2} \quad (2)$$

где P – выходное изображение;

r, c – координаты текущего пикселя;

w – размер окна.

После предварительной обработки изображения формируются 16 масок путем перемножения векторов $L5, E5, S5, R5$.

$$\begin{aligned} L5 &= \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ -1 & -2 & 0 & 2 & 1 \\ -1 & 0 & 2 & 0 & -1 \\ -1 & 2 & 0 & -2 & 1 \\ 1 & 4 & 6 & -4 & 1 \end{bmatrix} \\ E5 &= \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ -1 & -2 & 0 & 2 & 1 \\ -1 & 0 & 2 & 0 & -1 \\ -1 & 2 & 0 & -2 & 1 \\ 1 & 4 & 6 & -4 & 1 \end{bmatrix} \\ S5 &= \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ -1 & -2 & 0 & 2 & 1 \\ -1 & 0 & 2 & 0 & -1 \\ -1 & 2 & 0 & -2 & 1 \\ 1 & 4 & 6 & -4 & 1 \end{bmatrix} \\ W5 &= \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ -1 & -2 & 0 & 2 & 1 \\ -1 & 0 & 2 & 0 & -1 \\ -1 & 2 & 0 & -2 & 1 \\ 1 & 4 & 6 & -4 & 1 \end{bmatrix} \\ R5 &= \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ -1 & -2 & 0 & 2 & 1 \\ -1 & 0 & 2 & 0 & -1 \\ -1 & 2 & 0 & -2 & 1 \\ 1 & 4 & 6 & -4 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Названия векторов описывают их назначение. Вектор $L5$ предназначен для вычисления симметричного взвешенного локального среднего значения. Вектор $E5$ предназначен для обнаружения краев, $S5$ – для обнаружения пятен, $W5$ – для обнаружения волн, а $R5$ – для обнаружения образа в виде ряби.

В результате получаем 16 масок размером 5×5 , каждую из которых необходимо применить к изображению, полученному на предыдущем шаге. Для нормировки значений, полученных в результате применения масок, можно разделить вычисленные значения каждого пикселя на сумму весов маски.

Далее необходимо вычислить энергетические текстурные карты для каждого изображения, полученного в результате применения масок. Обозначим через $F_k[i, j]$ результат фильтрации пикселя $[i, j]$ с использованием k -й маски. Тогда энергетическая текстурная карта E_k для фильтра k определяется выражением (3).

$$E_k[r, c] = \sum_{j=c-(w-1)/2}^{c+(w-1)/2} \sum_{i=r-(w-1)/2}^{r+(w-1)/2} |F_k[i, j]| \quad (3)$$

где w – это размер окрестности вокруг текущего пикселя.

После получения энергетических карт, симметричные пары карт заменяются усредненной картой. В результате на выходе имеется 9 следующих энергетических карт:

$$\begin{matrix} E^{S5S5} & E^{S5L5-L5S5} & E^{R5L5-L5R5} \\ E^{E5E5} & E^{S5E5-E5S5} & E^{E5L5-L5E5} \\ E^{R5R5} & E^{S5R5-R5S5} & E^{E5R5-R5E5} \end{matrix}$$

Таким образом, каждый пиксель исходного изображения может быть представлен вектором, содержащим 9 значений, соответствующих данному пикселю в каждой энергетической карте.

2. Описание цветовых характеристик изображения

Для выделения цветовых признаков используется цветовое пространство HSV, которое позволяет отделить компоненту интенсивности от таких характеристик, как цветовой тон и насыщенность цвета. Каждый цвет описывается с помощью трех критериев:

- Цветовой тон (H) относится к цветовому восприятию, он описывает чистый цвет в диапазоне $0^\circ \leq H \leq 360^\circ$.
- Насыщенность (S) дает значение степени разбавленности чистого цвета белым цветом в диапазоне $0 \leq S \leq 1$.
- Яркость (V) несет ахроматическую информацию и дает значение количества света в цвете в диапазоне $0 \leq V \leq 1$ [3].

Поскольку характеристика цветового тона не зависит от таких параметров как тени и блики, целесообразно выбрать данную компоненту для последующей кластеризации в пространстве цветовых признаков.

Обозначим, MAX – максимальное из значений для каналов R,G и B для текущего пикселя, а MIN – минимальное из них. Тогда величину цветового тона для пикселя изображения можно найти в соответствии с выражением (4).

$$H = \begin{cases} 0, & \text{если } MAX=MIN \\ 60 \cdot \frac{G-B}{MAX-MIN}, & \text{если } MAX=R \text{ и } G \geq B \\ 60 \cdot \frac{G-B}{MAX-MIN} + 360, & \text{если } MAX=R \text{ и } G < B \\ 60 \cdot \frac{B-R}{MAX-MIN} + 120, & \text{если } MAX=G \\ 60 \cdot \frac{R-G}{MAX-MIN} + 240, & \text{если } MAX=B \end{cases} \quad (4)$$

3. Кластеризация в текстурно-цветовом пространстве признаков методом k-средних

В качестве метода кластеризации в пространстве цветовых и текстурных признаков выбран алгоритм кластеризации k-средних.

Данный метод можно описать следующим образом.

Необходимо задать количество кластеров, на которые следует разбить исходное изображение. Обозначим число кластеров через K.

Далее произвольным образом выбираются K центров кластеров. После чего каждый пиксель изображения помещается в кластер, центр которого находится ближе всего к данному пикселю. В качестве метрики в пространствах текстурных и цветовых признаков использовалось выражение (5):

$$D_k[i, j] = \sqrt{(T[i, j] - C_k)^2} \quad (5)$$

где $D_k[i, j]$ – мера, рассчитываемая для пикселя $[i, j]$ и кластера k,

$T[i, j]$ – значение текстурного/цветового признака пикселя $[i, j]$,

C_k – центр k-го кластера [2].

После этого необходимо заново рассчитать центры кластеров, усредняя все пиксели в кластере. Выполнять данные шаги необходимо до тех пор, пока пиксели не будут оставаться в одном и том же кластере.

4. Результаты

Результаты работы предложенного алгоритма сегментации были проверены на различных входных изображениях. В качестве тестового материала использовались цветные и полутоновые изображения с ярко выраженной текстурой.

Несмотря на то, что в алгоритме объединяются текстурные и цветовые характеристики, при сегментации изображений в одном пространстве также достигаются приемлемые результаты.

Несколько примеров обработки различных изображений показано на рисунках 1-2.

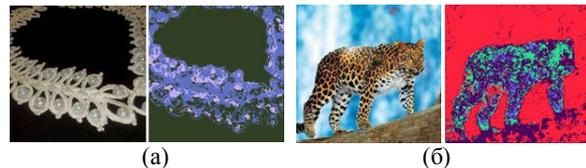


Рис. 1. Пример сегментации цветного изображения

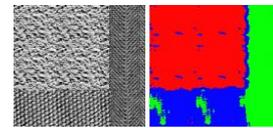


Рис. 2. Пример сегментации полутонового изображения

Дальнейшее исследование реализованного в данной работе алгоритма может включать модификацию метода k-средних для вычисления оптимального количества кластеров K путем предобработки изображения; нахождение весовых коэффициентов для векторов текстурных характеристик, для определения важности отклика на применения маски; а также использование различных цветовых, текстурных или обобщенных метрик.

Список литературы

1. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. / Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
2. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.
3. Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю. Компьютерная обработка и распознавание изображений: Учеб. пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.
4. Грузман И.С., Киричук В.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 352 с.
5. Handbook of texture analysis // World Scientific. [2008 – 2012]. Дата обновления: 14.06.2012. URL: <http://www.worldscibooks.com/compsci/p547.html> (дата обращения: 21.05.2012).
6. Statistical texture analysis // WASET. [2007 – 2012]. Дата обновления: 6.06.2012. URL: <http://www.waset.org/proceedings.php> (дата обращения: 12.06.2012).

КАСКАДНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В КОЛОННЕ

Миргаязова Э.А.

Научный руководитель: Коновалов В.И., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: mirgayazova.elli@yandex.ru

При внедрении АСУ ТП получения гексена возникли трудности с настройкой регуляторов температуры в ректификационных колоннах. Непосредственно температура регулируется с помощью термостатов, представляющих собой, по сути, локальные регуляторы. Они управляются от программно-логического контроллера (ПЛК) WAGO, в котором реализован ведущий контур регулирования. В целом система представляет собой каскадный регулятор. Все усложняется тем, что объекты управления обладают значительным запаздыванием (см. Рис. 1)

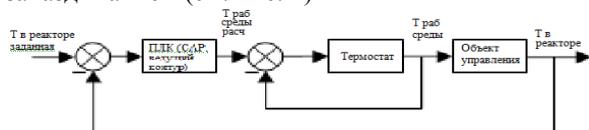


Рис. 1. Структурная схема САР температуры

В данной работе требуется провести исследование на предмет настроек САР ведущего контура. Но всё усложняется тем, что нет конкретных сведений о законе регулирования, заложенном в термостате и о моделях ОУ. В этом и заключается одна из основных особенностей исследуемой системы автоматического регулирования температуры в колонне. Второй особенностью рассматриваемой системы является её каскадная структура. В каскадных системах при регулировании основной технологической величины в объекте с большим запаздыванием используются обычно вспомогательные величины, реагирующие на изменение основных возмущений объекта и регулирующие воздействие с меньшим запаздыванием. В таких случаях стабилизация вспомогательных величин способствует более качественному регулированию основной величины. Каскадная система состоит из нескольких контуров регулирования, каждый из которых регулирует свою технологическую величину. Применение каскадных схем эффективно только тогда, когда запаздывание в контуре регулирования основной величины существенно больше, чем в контуре регулирования вспомогательной величины [1]. При автоматизации химико-технологических объектов чаще всего используют двухконтурные каскадные системы (см. Рис. 1). Исследуемый метод регулирования температуры отличается от общепринятого подхода, так как чаще всего регулирование температуры осуществляется расходом теплоносителя, а в данном случае, управляющее воздействие – температура теплоносителя.

Исходя из поставленной цели и выявленных проблем, была определена основная задача

исследовательской работы – это определить закон регулирования в ведущем контуре (см. Рис. 1) так, чтобы объект управления обладал минимально возможным запаздыванием.

Рациональным решением требуемой задачи является математическое моделирование. Оно заключается в создании модели исследуемой САР и дальнейшем изучении уже не самой системы, а полученной модели, с помощью вычислительной техники [2].

Первым этапом в ходе исследовательской работы было создание математической модели системы автоматического регулирования температуры (см. Рис. 2.).

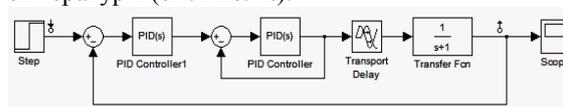


Рис. 2. Структурная схема САР температуры в среде Simulink

Далее, исследовали поведение системы, задавая разные законы регулирования, как в ведущем контуре, так и в термостате, при разных значениях параметров. Так как информация об объекте управления отсутствует, так же как и возможность провести его экспериментальную идентификацию, объект был задан вначале апериодическим звеном первого порядка с запаздыванием, а на втором этапе исследования – апериодическим звеном второго порядка с запаздыванием. Примем постоянную времени T в пределах $[1;10]$ с, и учтём, что время задержки должно быть примерно в два раза меньше времени T . Исходя из обозначенных условий, выбрали три пары различных параметров объекта управления:

- 1) $T = 10$ с, $\tau = 5$ с;
- 2) $T = 6$ с, $\tau = 3$ с;
- 3) $T = 1$ с, $\tau = 0,5$ с;

Здесь T – постоянная времени, τ – время запаздывания.

Рассмотрим первый вариант с апериодическим звеном I-ого порядка. Установили следующие законы регулирования: ведущий контур – П, термостат – П. Далее поочерёдно задавали, выбранные нами параметры, и анализировали поведение системы, выделяя ту пару коэффициентов, при которых наблюдались лучшие показатели качества переходной характеристики. Затем меняли закон регулирования в термостате на ПИ, при этом закон регулирования в ведущем контуре оставляли без изменения. Также анализировали поведение системы по её переходной характеристике, задавая уже выбранные

параметры, и отмечали наиболее подходящий для нас вариант. Аналогичную работу провели, задав в термостате закон регулирования ПИД. Таким образом, мы перебрали все рассматриваемые законы регулирования в термостате: П, ПИ, ПИД, но не меняли закон регулирования в ведущем контуре – П. Провели общий анализ по всем полученным переходным характеристикам, и выделили одну, с лучшими показателями качества – это система с законом регулирования в термостате П и параметрами: $T = 1$ с, $\tau = 0,5$ с (см. Рис. 3).

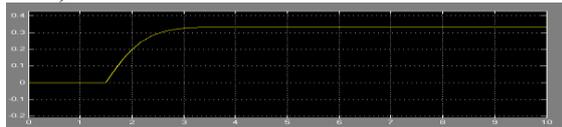


Рис. 3. Переходная характеристика САР с законом регулирования в термостате П

Показатели качества полученной переходной характеристики – $t_{пер}=2.1$ с; $h_{уст}=0.333$.

Теперь рассмотрим следующий вариант, когда в ведущем контуре установлен закон регулирования – ПИ. Также, меняя поочередно законы регулирования в термостате, и перебирая выбранные параметры, проводим исследование системы и анализируем переходные характеристики. Выбираем такие закон регулирования в термостате и параметры, при которых показатели качества системы были наилучшими. В данном случае это закон регулирования ПИ и параметры – $T = 1$ с, $\tau = 0,5$ с (см. Рис. 4).

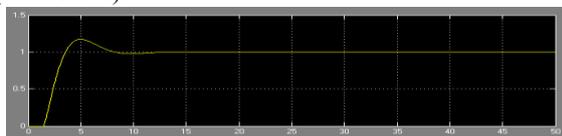


Рис. 4. Переходная характеристика САР с законом регулирования в термостате ПИ

Показатели качества полученной переходной характеристики – $t_{пер}=1.76$ с; $h_{уст}=1$; $\sigma=17.3\%$.

Аналогичным образом проводим исследования системы, задав в ведущем контуре закон регулирования ПИД. В данном случае, переходная характеристика с лучшими показателями качества, соответствует системе с законом регулирования в термостате П и параметрами – $T = 1$ с, $\tau = 0,5$ с (см. Рис. 5).

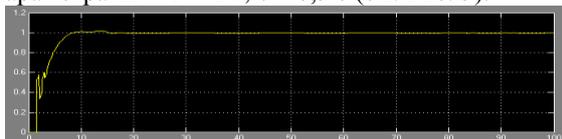


Рис. 5. Переходная характеристика САР с законом регулирования в термостате П

Показатели качества - $t_{пер}=4.03$ с; $h_{уст}=1$; $\sigma=1.6\%$.

По окончании этого этапа, сделаем вывод, что задав в качестве объекта управления аperiodическое звено I-ого порядка, лучшими показателями качества обладала система с законами регулирования ПИ в ведущем контуре и

П в термостате, и параметрами объекта управления $T = 1$ с, $\tau = 0,5$ с.

Перейдем ко второму этапу нашей работы. Зададим в качестве объекта управления аperiodическое звено II-ого порядка. И определим параметры объекта управления:

- 1) $T_1 = 15$ с, $T_2 = 7$ с, $\tau = 4$ с,
- 2) $T_1 = 6$ с, $T_2 = 10$ с, $\tau = 2$ с,
- 3) $T_1 = 1$ с, $T_2 = 0.8$ с, $\tau = 0.5$ с;

Проводим исследования системы, таким же образом, как и делали до этого – задаем в ведущий контур сначала закон регулирования П, поочередно перебираем законы регулирования в термостате: П, ПИ, ПИД, задавая в звено объекта управления обозначенные параметры. Анализируем полученные переходные характеристики системы, выбираем тот график системы, у которого хорошие показатели качества. Аналогичную работу проводим и при законах регулирования в ведущем контуре ПИ, а затем ПИД. Проводим анализ всех полученных переходных характеристик, определяем лучшие показатели качества системы и подводим итог данного этапа работы. Система, с законом регулирования в ведущем контуре – ПИД, а в термостате – П, с параметрами – $T_1 = 1$ с, $T_2 = 0.8$ с, $\tau = 0.5$ с, имеет хорошие показатели качества: $t_{пер}=7.36$ с; $h_{уст}=1$ (см. Рис. 6).

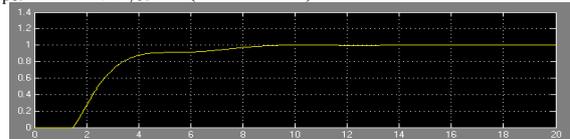


Рис. 6. Переходная характеристика САР с законом регулирования в ведущем контуре ПИД, в термостате – ПИ.

Таким образом, объединяя два этапа работы в один, получили, что лучшие показатели качества имеет каскадная САР, у которой ведомый контур – термостат работает по П-закону регулирования, а ведущий контур, реализованный на ПЛК, использует ПИ-закон.

Подводя итоги проделанной работы, очевидно, что с помощью математического моделирования заметно упрощается исследование настроек САР ведущего контура, не имеющего сведений о законе регулирования в термостате и о моделях объекта управления. Данный метод не требует вычислений и сложных расчетов.

Результаты работы будут использованы при практической наладке регуляторов температуры на установке получения гексена.

Литература

1. Анализ и синтез САР: Спр. пособие/ Г.Т. Кулаков - Мн.: Выш. шк., 2003.
2. Идентификация и диагностика систем: учебное пособие / В.И. Коновалов – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 156с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ СТРУКТУРНОГО И ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Михалевич С.С., Байдали С.А., Чурсин Ю.А.

Научный руководитель: Байдали С.А., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: AnopT@ya.ru

В настоящее время каждое крупное производство оснащено средствами автоматики. В связи с этим, для каждого конкретного производства необходимо разрабатывать собственную систему автоматического управления (САУ), которая будет учитывать особенности технологического процесса, а также требования, предъявляемые международными стандартами и техническим регламентом предприятия.

На сегодняшний день существует два наиболее распространенных способа синтеза САУ. Первый способ основан на использовании специализированного программного обеспечения (ПО), способного идентифицировать объекты управления, рассчитывать параметры настройки регуляторов и т.п.. Вторым методом является приближенный. Его суть заключается в том, что, передаточная функция обобщенного объекта берется в приближенном виде (как правило, не выше второго порядка) и рассчитываются параметры настройки регулятора по известным методам.

Последний метод может быть реализован при помощи SCADA-систем (Trace Mode, MasterSCADA и др.), но данный подход не применим для синтеза систем управления с заданной точностью ввиду ограниченности таких пакетов в плане моделирования САУ.

Использование специализированного ПО позволяет с достаточной точностью описывать и исследовать технологические объекты управления, исполнительные механизмы и другие составляющие САУ. Наибольшее распространение в России получил пакет MATLAB/Simulink. Данная программа способна быстро и с большой точностью производить моделирование разработанной САУ, производить расчет параметров настройки регулятора и идентифицировать объекты управления по реакции разомкнутой системы. Основные ограничения на использование данного пакета: высокие требования к ресурсам ПК и необходимость повышения квалификации персонала для работы с данным пакетом. Высокая стоимость программы также ограничивает использование пакета на территории России (особенно это актуально для предприятий, где требуется большое количество лицензий для работы пакета на множестве ЭВМ). Таким образом, данное программное обеспечение можно отнести скорее к научному ПО, нежели к

прикладному, которое может использоваться отделами проектирования САУ предприятий и научных центров.

Целью работы является разработка прикладного программного обеспечения с дружественным и понятным интерфейсом, для нужд инженеров-проектировщиков САУ.

На протяжении длительного времени в области автоматического управления уделяется большое внимание описанию динамических систем методами пространства состояний. Аналогичную тенденцию можно наблюдать и в других областях применения теории систем. Методы управления, основанные на частотном анализе, алгебре передаточных функций, преобразовании Лапласа и z-преобразовании, которые можно считать классическими, играют значительную роль в развитии и применении теории управления и в родственных автоматизации областях. Однако классические методы не могут сохранить свои позиции при решении задач многомерных и сложных систем, где они часто оказываются несостоятельными исключительно из-за вычислительных трудностей, тогда как методы пространства состояний позволяют осуществить четкую формализацию и автоматизацию вычислительных процедур [1].

Метод пространства состояний позволяет представлять систему управления (и каждое линейное звено в отдельности) в виде системы уравнений [1]:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = A(t) \cdot x(t) + B(t) \cdot u(t), \\ y(t) = C(t) \cdot x(t) + D(t) \cdot u(t), \end{cases}$$

где $x(t)$ – вектор состояния; $y(t)$ – вектор выхода; $u(t)$ – вектор управления; $A(t)$ – матрица системы; $B(t)$ – матрица управления; $C(t)$ – матрица выхода; $D(t)$ – матрица прямой связи.

Неотъемлемой частью системы управления является регулятор. В системах управления уже долгое время находят применение линейные законы управления. Наиболее известен ПИД закон регулирования.

Ввиду невозможности реализации идеального дифференцирования, ПИД регулятор моделируется в виде передаточной функции вида:

$$W_{pez}(s) = \frac{(Kr \cdot Td \cdot N + Kr)s^2 + (Kr \cdot N + \frac{Kr}{Ti})s + \frac{Kr \cdot N}{Tu}}{s^2 + Ns},$$

где Kr , Ti , Td – параметры настройки пропорциональной, интегральной и

дифференциальной составляющих регулятора; N – порядок цифрового фильтра.

Если производить расчет последовательно, т. е. от уставки и до объекта управления, то результат будет некорректным, ввиду того, что мы изначально вводим смещение по времени, и как следствие, имеем неверный расчет.

Во избежание данной ошибки необходимо вести расчет так, чтобы не вводить смещение временной координаты. Для этого вводится понятие блока с «прямым выходом». Это означает, что выход звена напрямую зависит от его входов. К таким блокам относятся сумматоры, усилители и др. Предлагаемый алгоритм, предполагает на этапе инициализации последовательное нахождение звеньев с «прямым выходом». Затем проверяется, зависят ли входы первого найденного звена от выходов других аналогичных звеньев. Если зависимость найдена, то аналогично проверяется звено с «прямым выходом», от которого зависит первоначальное звено. Процесс останавливается, если либо удастся напрямую посчитать какой-либо блок, являющийся звеном с «прямым выходом», либо, мы возвращаемся к выходу первоначального блока. Таким образом, если мы вернулись к первоначальному блоку, то прежде чем рассчитать его, мы находим значения выходов всех влияющих на него звеньев системы.

Для подтверждения корректности предлагаемого алгоритма порядка расчета системы, было проведено моделирование системы, изображенной на рис. 1. Результаты расчета, выводимые в блок «График», показаны на рис. 2.

Как следует из рис. 2, система, рассчитанная по предлагаемому алгоритму, не вносит смещение по времени и, тем самым, дает точный результат.

В качестве метода настройки регулятора используется метод оптимального модуля, подробно рассмотренный в литературе [2, 3]. Для реализации данного метода была разработана специальная библиотека символьных вычислений.

Для идентификации объектов управления в замкнутом и разомкнутом контурах был применен метод временных рядов [4].

Таким образом, в ходе выполнения работы была разработана программа для структурного и параметрического синтеза систем автоматического управления. В дальнейшем планируется внедрение разработанной программы на предприятии Московского филиала «Центратомтехэнерго» ОАО «Атомтехэнерго».

Работа выполнена в Томском политехническом университете в рамках государственного задания "Наука".

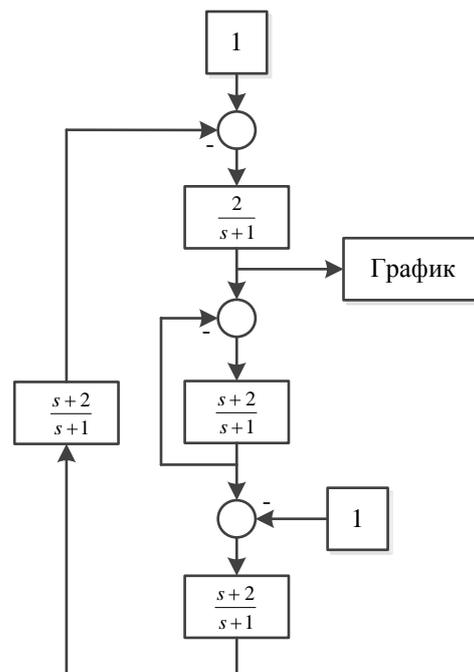


Рис. 1. Рассматриваемая САУ

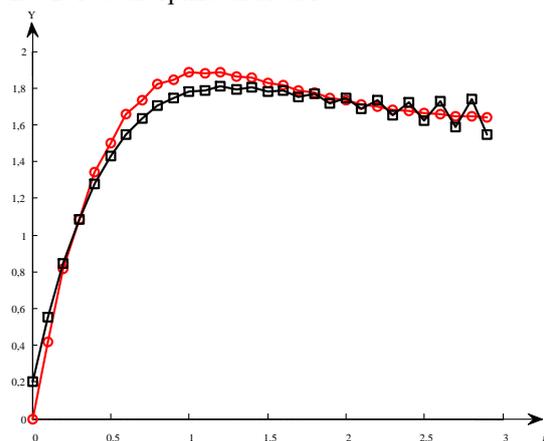


Рис. 2. Переходный процесс в динамической системе. Квадратными маркерами представлен последовательный алгоритм расчета системы, круглыми – предлагаемый.

Список литературы:

1. Деруссо П.М., Рой Р.Дж., Клоуз Ч.М. Пространство состояний в теории управления: Для инженеров. – М.: Наука, 1970. – 620 с.
2. Гурецкий Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием: Пер. с польского. – М.: Машиностроение, 1974. – 328 с.
3. Vrančić D, An Magnitude Optimum Techniques for PID Controllers, Introduction to PID Controllers - Theory, Tuning and Application to Frontier Areas, InTech, Croatia, 2012.
4. Байдали С.А., Криницын Н.С., Дядик В.Ф. Параметрический синтез систем автоматического управления сложными производственными комплексами // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, 2011. – № 6. – с. 9-15.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ЕДИНОГО ЦЕНТРА РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ВУЗА НА ПРИМЕРЕ НИ ТПУ

Морозов М.Н.

Научный руководитель: Стрижак П.А., д.ф.-м.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: benm6@yandex.ru

На современном этапе развития автоматизированных систем управления зданиями (АСУЗ) основная тенденция – создание локальных систем обеспечения жизнедеятельности и объединение их на верхнем уровне в единую систему диспетчеризации [1]. Ключевым проектом в развитии рационального потребления ресурсов в ТПУ является создание единого центра ресурсоэффективности (ЕЦР). В связи с модернизацией инженерных систем кампуса задача создания ЕЦР становится особенно актуальной.

Основные функции ЕЦР ТПУ:

- сбор, мониторинг и архивирование данных: потребление ресурсов, параметры работы оборудования и инженерных систем кампуса ТПУ и др.;
- удаленное управление локальными подсистемами жизнеобеспечения;
- визуализация работы систем в режиме реального времени;
- представление оперативной информации в виде мнемосхем, таблиц, отчетов, трендов и т.д.

В состав АСУЗ входят следующие подсистемы:

- электроснабжения и электроосвещения;
- отопления: тепловой узел (ТУ), системы теплоснабжения каждого этажа; горячего и холодного водоснабжения (ГВС и ХВС);
- мониторинга аудиторного фонда: противопожарная и охранная сигнализация, управление тепловым режимом помещений.

Для оценки и оптимизации функционирования создаваемого ЕЦР была разработана модель ЕЦР.

Для максимального приближения к реальной системе модель построена в формате *Web*-приложения. Данное решение продиктовано необходимостью связать множество удаленных объектов системы управления. Работа приложения основывается на получении запросов от пользователя (клиента), их обработке и выдачи результата. Передача данных происходит через сеть «Интернет» [2]. При этом используется язык разметки *HTML*, дополнительно к которому подключаются технологии *JavaScript* и *PHP*. При таком подходе функционал системы визуализации сравним с привычными *SCADA*-системами. Неотъемлемой частью модели ЕЦР является встраиваемая реляционная база данных (БД) *SQLite*. В качестве инструмента администрирования БД используется *Web* - приложение *phpLiteAdmin*, обладающее набором всех необходимых функций.

Архитектура ЕЦР ТПУ представлена на рисунке 1. На рисунках 2 и 3 показаны соответственно общая карта кампуса ТПУ и модель одной из типовых аудиторий. Модель ЕЦР содержит нескольких слоев: карта кампуса, здание (например, корпус №4), подсистемы жизнеобеспечения (например, мониторинга аудиторного фонда 1-го этажа, аудитория №111). Из рисунка 3 виден объем оснащения типовой аудитории: датчики движения, открытия двери и окон, шлюз беспроводной сети *Z-Wave*, а также дымовые датчики и радиаторные автоматические терморегуляторы.

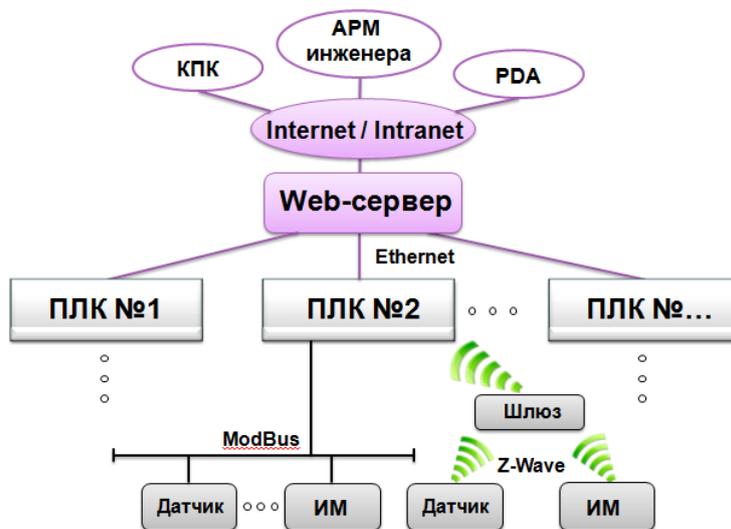


Рис. 1. Архитектура Единого центра ресурсоэффективности ТПУ



Рис. 2. Слой модели – карта кампуса ТПУ



Рис. 3. Слой модели – подсистема мониторинга аудиторного фонда

ЕЦР позволяет управлять температурным режимом каждой аудитории, изменяя значение заданной температуры. Локальные терморегуляторы реализуют алгоритм ПИД – регулирования. Работа любого датчика может быть имитирована при помощи *phpLiteAdmin*. Работа терморегуляторов имитирована на уровне *PHP* – скрипта. На основе данной модели ЕЦР могут быть рассмотрены различные сценарии функционирования реальной системы, например возникновение предупредительного сигнала противопожарной сигнализации или срабатывание звукового датчика. Только при правильном и слаженном взаимодействии различных подсистем АСУЗ можно говорить об интеллектуализации здания и повышении эффективности

использования потребляемых ресурсов. По предварительным расчетам экономия только за счет снижения потребления ресурсов в среднем достигает 15÷20 %. Срок окупаемости системы составляет 2÷3 года. Стоит отметить, что выбранная платформа (*Web*-приложение) является наиболее перспективной и в долгосрочном плане. Например, учет таких важных данных, как расписание занятий и прогноз погоды позволит перейти к более точному прогнозированию и оптимизации потребления энергии.

Дальнейшая интеллектуализация АСУЗ становится не только возможным, но и необходимым логическим продолжением реализации мер повышения энергосбережения и ресурсоэффективности.

Литература:

1. Лигун Л.Е. «Автоматизированная система диспетчерского управления жилым комплексом». / Энергосбережение. 2005. № 3. С. 14-17.
2. Столбовский Д.Н. «Разработка *Web*-приложений» [Электронный ресурс]. / Интернет университет ИТ. URL: <http://www.intuit.ru/department/internet/aspnetvsnet/1/1.html> (дата обращения 11.01.2013).

СОЗДАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ИНТЕГРАЦИИ С КОМПЬЮТЕРНЫМ ЗРЕНИЕМ.

Мороз Ю.С.

Научный руководитель: Тутов И.А., ассистент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: moroz_yurii@sibmail.com

Введение

В современной робототехнике востребовано наличие у робота умения ориентироваться в окружающей среде (например, распознавание объектов) [1]. Реализовать эту возможность позволяет компьютерное зрение.

Описание работы системы.

Первым шагом в проектировании робототехнической системы, основанной на компьютерном зрении, стала разработка принципа работы всей этой системы.

На рисунке 1 представлена схема взаимодействия элементов системы.

Главным вычислительным центром служит компьютер (см. поз 2 на рис.1), задачей которого является считывание видеопотока с веб-камеры (поз. 1) и дальнейшая его обработка. Компьютер вычисляет координаты необходимого объекта, которые передаются на микроконтроллер (поз. 3). Микроконтроллер управляет вращением веб-камеры в 2-ух степенях свободы (состоящий из приводов(4), подвижной платформы (5), камеры (1)). Веб-камера наводится на найденный по шаблону объект (графический центр масс объекта должен совпасть с главной оптической осью камеры).

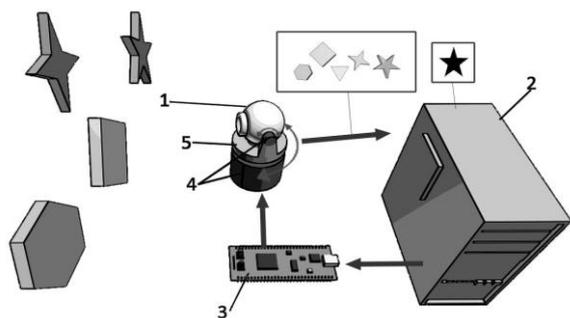


Рис. 1.Схема системы

Подобную структуру системы можно применить для управления мобильными роботами, например, такими как беспилотные летательные аппараты или колёсные платформы (см. Рис.2 и Рис.3).

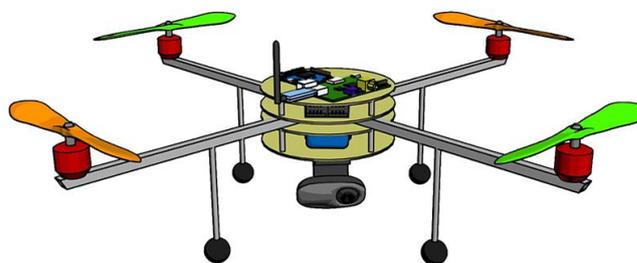


Рис. 2.Беспилотный летательный аппарат.

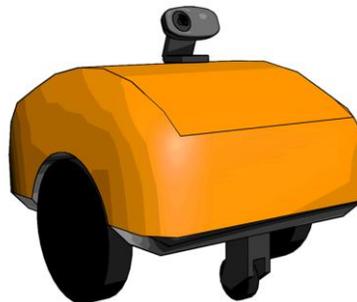


Рис. 3.Колёсная платформа.

В связи с тем, что робот должен быть автономен, вычислительная система должна быть портативной и встраиваемой. Для потоковой обработки изображений вычислительных мощностей микроконтроллера не достаточно, возникает необходимость использования портативного компьютера. На текущий момент времени не существует достаточно дешёвых портативных вычислительных платформ для выполнения поставленных задач, поэтому было принято решение для основной обработки видеопотока и расчёта координат объекта использовать ПК. Связь между ПК и системой робота осуществляется посредством Wi-fi.

После того как разработка принципа функционирования робототехнической системы была завершена, следующей задачей стал выбор способа распознавания объектов на кадрах видео.

Исходя из того, что видеопоток с видеокamеры обрабатывается в реальном времени ПК со средней производительностью, то требуются наиболее быстродейственные и ресурсоэффективные методы распознавания объектов, исходя из этого, были выбраны методы

отбора объектов по цвету и контурам. Эти два метода будут применяться в совокупности.

Перед тем как начать поиск контуров на кадре с видеопотока, кадр необходимо предварительно обработать различными фильтрами: преобразование в чёрно-белое изображение, размытие, и нахождение границ по алгоритму Кенни (Canny).

После предварительной обработки на кадре находятся контуры и записываются в специальные переменные в виде последовательности точек с определёнными координатами.

Точно такая же операция проводится с изображением шаблона.

В дальнейшем контур с шаблона (на рис.4) сравнивается с каждым контуром из кадра и вычисляется их степень похожести (см. Рис.5).



Рис. 4. Снимок части интерфейса программы



Рис. 5. Сравнение контуров кадра с контурами шаблонов

Контуры сравниваются по моментам Хью, как показывает опыт, этот метод обладает низкой точностью, и поэтому требуется использовать другой метод сравнения контуров (ведётся работа) или дополнительно ввести отбор объектов по другому признаку, например, по цвету (см. Рис.6).

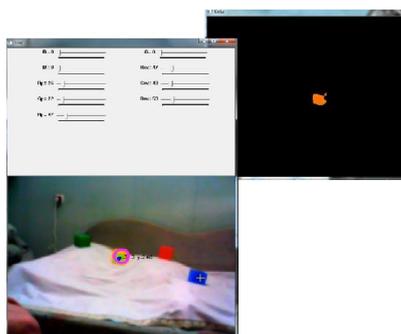


Рис. 6. Нахождение объекта по цвету

Алгоритм совместной работы методов нахождения требуемых объектов по цвету и контурам таков:

на изображении находится контур, соответствующий одному из шаблонов, далее цвет внутри этого контура сверяется с определённым диапазоном цветов, соответствующим шаблону и вычисляется степень похожести данного объекта на шаблон.

Используя эти два метода в совокупности можно распознавать с высокой точностью однородные объекты, например такие как, особые маркеры или цифры, которые могут крепиться на какой-либо объект (человек, другой робот, груз и т.д.) для определения направления движения к этому объекту и возможно расстояния.

Заключение.

В результате проделанной работы был разработан проект робототехнической системы в интеграции с компьютерным зрением и выполнена его реализация в виде видеоканеры, самонаводящейся на объект (см. Рис.1). В перспективе планируется реализовать данную систему на мобильных платформах (см. Рис.2 и Рис.3).

Литература.

1. Юрий Морзеев. Зачем компьютеру зрение[Электронный ресурс]
URL:<http://www.compress.ru/article.aspx?id=9846&iid=413>
2. Noonv. Статьи по OpenCV[Электронный ресурс]
URL: <http://robocraft.ru>
3. BigObfuscator. Статьи по OpenCV[Электронный ресурс]
URL: <http://habrahabr.ru>
4. Статьи по микроконтроллеру stm32[Электронный ресурс]
URL:<http://easystem32.ru> .
5. Gary Bradski, Adrian Kaehler. Learning OpenCV. O'Reilly Media, Inc., 2008.

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Муравьев А.С.

Научный руководитель: Белоусов А.А., к. т. н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: entropy.inf@gmail.com

Современной вычислительной технике при решении задач анализа и интерпретации данных зачастую приходится иметь дело с изображениями. При этом алгоритмы и методы, работающие с такого рода данными, как правило, предъявляют к их качеству достаточно высокие требования. Однако далеко не всегда имеется техническая возможность получения изображений, удовлетворяющих этим требованиям. Таким образом, возникает потребность в программных средствах, позволяющих производить предобработку данных с целью повышения их характеристик качества.

Очевидно, что неотъемлемой составляющей системы такого рода являются алгоритмы и методы, позволяющие оценить качество изображения. По результатам их работы можно сделать выводы о необходимости проведения улучшения; некоторые из них дополнительно позволяют распознать тип присутствующего в данных искажения, тем самым позволяя значительно повысить эффективность системы в частных случаях. Несмотря на существование достаточно большого числа критериев и оценок, остается актуальной одна из главных проблем данной области – окончательно качество изображения может быть определено только человеком. Соответственно, все существующие и вновь разрабатываемые алгоритмы оценки должны удовлетворять требованиям корреляции с экспертными мнениями. Для упрощения этой процедуры создаются и поддерживаются специальные базы данных [1], в которых хранятся изображения, сопоставленные с уже однажды полученными посредством опроса показателями качества. Однако очевидно, что такие базы не могут быть полностью исчерпывающими, а также могут оказаться неудобными в управлении, хранении и применении. Предлагается в качестве инструмента, позволяющего получить для произвольного изображения его оценку, полностью эквивалентную пользовательской, применить искусственную нейронную сеть (ИНС).

ИНС прекрасно зарекомендовали себя как инструмент регрессионного анализа, что наводит на идею синтеза сети, реализующей интегральный критерий качества. Входными данными такой модели будет являться абстрактное описание изображения: некоторый набор универсальных числовых параметров, несущих достаточное информационное содержание и вычисляемых в общем случае. В качестве обучающего множества создаваемой сети будут использованы

пользовательские оценки из ранее упомянутых открытых баз данных. Синтезированная сеть будет аппроксимировать сложную функциональную зависимость, существующую между объективно вычислимыми параметрами изображения и статистически средним человеческим мнением о нем. Таким образом, полученную ИНС можно будет использовать в качестве прямого заменителя пользовательской оценки качества, либо непосредственно для решения прикладных задач, либо для обучения других алгоритмов и методик.

Для создания достаточно точного и полного описания изображения в виде, пригодном для подачи на входы ИНС, логичным представляется применение набора уже существующих оценок качества. Включение в него критериев с различными аналитическими подходами и вычислительной сложностью одновременно обеспечит большую полноту описания и упростит обучение.

Наиболее простым (как с точки зрения реализации, так и с точки зрения вычислительной сложности) методом оценки качества изображений является сравнение их элементарных численных показателей (яркость, контрастность, резкость и др.) с рекомендуемыми значениями. Однако практическая польза от такого подхода весьма ограничена по ряду причин. Так, многие типы воздействующих на изображения искажений (например, JPEG-сжатие) не оказывают сколь-нибудь регулярного и/или значительного воздействия на вышеперечисленные показатели. Более того, критерии таких простых оценок, очевидно, не универсальны и должны задаваться отдельно для каждого типа изображения и конкретной решаемой задачи, что весьма непрактично. Тем не менее, элементарные показатели будут включены в качестве исходных данных в создаваемую модель, поскольку они позволяют получить более целостное описание изображения, не требуя при этом значительных вычислительных затрат.

Для устранения недостатков вышеописанного подхода разработано множество специальных метрик, использующих статистические показатели изображения. Очевидно, что такие методы обладают значительно большей сложностью (зачастую нуждаясь в обучении), однако обладают универсальностью и гибкостью, недостижимой для простейших оценок. Поскольку разрабатываемая система в процессе функционирования должна оценивать

изображение без наличия какого-либо эталона, интерес в рамках данной работы представляют только одиночные оценки.

Наиболее современными и эффективными на данный момент являются метрики BRISQUE и NIQE, разработанные в лаборатории обработки изображений и видео (LIVE, Laboratory of Image & Video Engineering) Техасского университета, США. Обе они основаны на модели NSS (Natural Scene Statistic, статистическая модель естественных сцен) [2]. Последняя, в свою очередь, опирается на ряд фундаментальных исследований, в ходе которых было обнаружено, что нормированные определенным образом яркостные коэффициенты любого неискаженного изображения естественного происхождения подчиняются обобщенному нормальному распределению. Таким образом, качество естественного изображения может быть определено как мера отклонения его яркостной статистической модели от эталона, полученного однократно с применением заведомо качественных изображений (см. рис. 1).

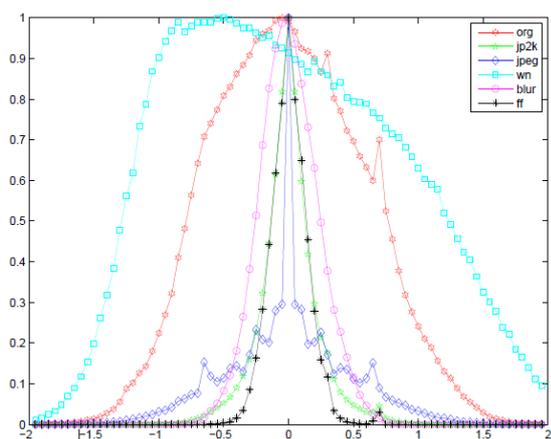


Рис. 1. Гауссовы модели изображений с различными качественными дефектами

Несмотря на общность подхода, BRISQUE и NIQE имеют ряд различий.

BRISQUE [2] (Blind/Referenceless Image Spatial Quality Evaluator, «слепая» пространственная оценка качества изображения) относится к метрикам, классифицируемым как OA-DA (Opinion Aware, Distortion Aware). Это означает, что при обучении алгоритма должны быть использованы как искаженные, так и неискаженные изображения, при этом дополнительно требуется информация о типе присутствующего искажения. Обученная метрика позволяет получить не только качественный показатель изображения, но и информацию о типах проявившихся графических дефектов, что значительно упрощает их последующее устранение. Однако сам процесс обучения оказывается значительно более сложным, чем у методов, неспособных различать типы искажений;

эффективность данной метрики также оказывается малой, если присутствующие в анализируемом изображении дефекты не были ранее предоставлены алгоритму при обучении.

NIQE [3] (Natural Image Quality Evaluator, оценка качества естественных изображений), в отличие от BRISQUE, нуждается только в наборе эталонных изображений, что позволяет отнести его к категории OA-DA (Opinion Unaware, Distortion Unaware). Вместо множества гауссовых моделей, соответствующих типам искажений, NIQE использует единственную модель, построенную на обучающем множестве. Таким образом, данный алгоритм проще и практичнее в применении по сравнению со своим предшественником, хотя и не предоставляет того же объема информации об анализируемом объекте.

Разрабатываемая система включает в себя собственные реализации как BRISQUE, так и NIQE. Результаты их работы также передаются на входы нейронной сети, формируя вместе с элементарными показателями множество исходных данных, которыми внутри модели описывается изображение.

Предполагается использовать в работе ИНС стандартной структуры – многослойную прямого распространения. Для собственно обучения применяется так называемый метод масштабированных сопряженных градиентов (Scaled Conjugated Gradient или SCG) [4], имеющий ряд существенных преимуществ над стандартным методом обратного распространения ошибки.

В дальнейшем планируется усовершенствовать модель путем подстройки параметров вычисляемых оценок и собственно ИНС на основе анализа получаемых при работе данных. Помимо этого, рассматривается возможность определения типа проявившихся на изображении дефектов (по аналогии с функционалом метрики BRISQUE).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. TID2008 — a database for evaluation of full-reference visual quality assessment metrics [Text] / N. Ponomarenko, V. Lukin, A. Zelensky, K. Egiazarian, M. Carli, F. Battisti. // Adv. Modern Radioelectron. - 2009. - Vol. 10, no. 10. - pp. 30-45.
2. No-reference image quality assessment in the spatial domain [Text] / Mittal A., Moorthy A.K., Bovik A.C. // IEEE Transactions on Image Processing. - December 2012. - Vol. 21, №12.
3. Making a Completely Blind Image Quality Analyzer [Text] / Mittal A., Moorthy A.K., Bovik A.C. // IEEE Signal Processing Letters. - 2012.
4. A Scaled Conjugate Gradient Algorithm For Fast Supervised Learning [Text] / Moller M.F. // Neural Networks. - 1993.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА ГЕКСАФТОРИДА УРАНА

Надеждин И. С., Криницын Н. С., Кубенский И. Р.

Научный руководитель: Криницын Н. С., ассистент

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина 30.

E-mail: kun9@list.ru

В настоящее время ядерная энергетика вступила в новую фазу своего развития. В мире утвердилось отношение к атомной промышленности как к надежному и дешевому источнику производства электроэнергии.

Потребление топлива в атомной энергетике ежегодно возрастает, что требует увеличения количества производимого топлива и, соответственно, увеличение производственных мощностей и производительности предприятий ядерного топливного цикла, в том числе сублиматного завода ОАО «Сибирского химического комбината».

На сублиматном заводе в настоящее время проводятся работы по модернизации технологической цепочки производства гексафторида урана (ПГУ). Введен в технологическую схему контур пневмотранспорта, обеспечивающий передачу урансодержащих твердофазных продуктов из камерных питателей АКТ в бункер загрузки ПР.

Проводимые изменения в технологической схеме ПГУ существенно повысят требования к согласованию загрузок твердофазных компонентов в аппараты ПГУ, достижение которых затруднено без средств автоматизации.

В настоящее время на производстве гексафторида урана автоматически регулируется загрузка продукта в реакционную зону пламенного реактора (ПР), в зависимости от количества подаваемого анодного газа. Согласование и загрузка сырья в аппарат комбинированного типа (АКТ) осуществляется оператором в ручном режиме.

Под согласованной загрузкой твердофазных компонентов в аппараты ПР и АКТ подразумевается такая загрузка, при которой средний расход полупродуктов на выходе АКТ соответствует среднему расходу полупродуктов, поступающих в реакционную зону ПР. В течение работы производства на процесс воздействуют различные возмущения. В результате непрерывных колебаний подаваемого анодного газа оператор не успевает отследить и своевременно сформировать необходимую величину загрузки сырья в АКТ.

Требование согласования загружаемого сырья в АКТ и ПР обусловлено замкнутостью производства гексафторида урана обеспечиваемой посредством установки импульсного пневмотранспорта, осуществляющей передачу полупродуктов из питателей АКТ, в бункер загрузки ПР.

Цель данной работы, заключается в разработке математической модели производства

гексафторида урана. В дальнейшем разработанная модель будет использоваться для отладки алгоритма согласования загрузок твердофазных компонентов в аппараты ПР и АКТ производства гексафторида урана.

С учетом конструктивных особенностей бункера загрузки ПР, уровень сырья не должен выходить за пределы 80–160 см от верхней границы бункера, что накладывает ограничения на количество урансодержащих продуктов находящихся одновременно в бункере. Таким образом, задача обеспечения согласованной работы аппаратов ПР и АКТ сводится к поддержанию в заданном диапазоне уровня урансодержащих продуктов в бункере загрузки ПР.

Для разработки и исследования алгоритма согласования требуется моделирование процесса наполнения бункеров загрузки в ПР и АКТ. С этой целью была разработана динамическая модель ПГУ.

В общем случае математическое описание технологических объектов можно разделить на линейную и нелинейную части последовательно включенных друг с другом [1]. Как показали исследования на статической модели ПГУ статические характеристики ПР, ДС и АКТ оказались нелинейными. При составлении динамической модели производства гексафторида урана было принято допущение, что с течением времени динамические характеристики аппаратов неизменны [2].

Таким образом, динамические модели отдельных аппаратов производства гексафторида урана представляют собой последовательное включение статических математических моделей и инерционных звеньев 1-го порядка с запаздыванием с единичными коэффициентами передачи.

Для программной реализации динамических звеньев, обеспечивающих расчет их реакций на нелинейный входной сигнал, возникла необходимость составления эквивалентных дискретных моделей аппаратов производства гексафторида урана.

Для получения дискретной математической модели использовались временные ряды [3]. В результате получили расчетную формулу в виде:

$$y(i) = y(i-1) + \delta(y(i-1) - y(i-2)) + \omega_0(X(i-d-1) - X(i-d-2)) - \omega_1(X(i-d-2) - X(i-d-3)),$$

где: $\delta = e^{-1/T}$, $\omega_0 = k(1 - \delta^{1-c})$, $\omega_1 = k(\delta - \delta^{1-c})$, $d + c = \tau$ – коэффициенты модели передаточной функции;
 c – дробный интервал;

d – целое количество уложившихся в τ интервалов квантования входного сигнала.
 τ – запаздывание исследуемого объекта;

Информационная структурная схема разработанной динамической модели аппаратов производства гексафторида урана представлена на рис. 1.

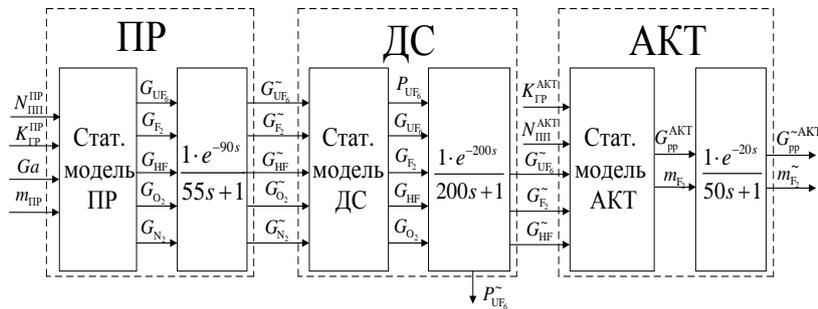


Рис.1. Информационная структурная схема динамической модели

В ходе исследования структуры ПГУ была разработана структурная информационная схема объекта согласования загрузок твердофазных компонентов в аппараты ПГУ, представленная на рис. 2.

Выгрузка сырья из бункера пламенного реактора в реакционную зону осуществляется посредством шнека выгрузки в автоматическом режиме. Таким образом, алгоритм согласования должен учитывать изменение количества продукта в бункере ПР, регулировать скорость наполнения камерных питателей А-215-1 и А-215-2 и включать пневмотранспорт для подачи сырья из камерных питателей А-215-1 и А-215-2 в бункер ПР и отключать пневмотранспорт при наполнении бункера ПР до определенного уровня.

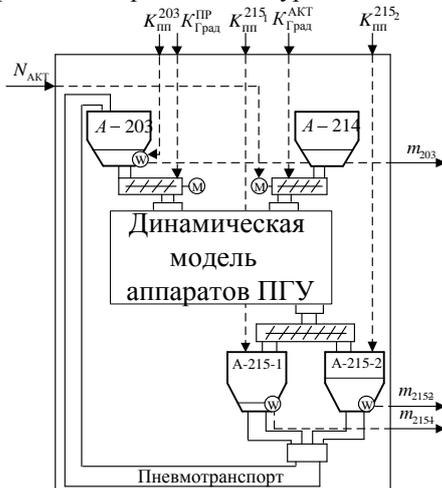


Рис. 2. Структурная схема объекта согласования загрузок твердофазных компонентов в аппараты ПГУ

На основании проведенных исследований в пакете Matlab была составлена математическая модель, реализующая моделирование процесса наполнения бункера ПР и камерных питателей А-215-1 и А-215-2. Проведенные на модели опыты позволили выявить номинальные значения параметров для модели, при которых наблюдается стабильный непрерывный процесс работы производства.

В таблице 1 приведены значения оборотов шнековых питателей. $N_{ПР}$ – обороты шнека загружающего полупродукты в ПР из бункера А-203, $N_{АКТ}$ – обороты шнека загружающего полупродукты в АКТ из бункера А-214, $N_{А215-1}$ и $N_{А215-2}$ – обороты шнека выгружающего полупродукты из АКТ в питатели А-215-1 и А-215-2.

Таблица 1. Результаты, сравнения величин загрузок оксидов урана, соответствующих режиму нормальной эксплуатации

Модель ПГУ		Реальное ПГУ	
$N_{ПР}$	70	$N_{ПР}$	69
$N_{АКТ}$	25	$N_{АКТ}$	26
$N_{А215-1}$	32	$N_{А215-1}$	32
$N_{А215-2}$	32	$N_{А215-2}$	32

Как видно из таблицы 1, обороты шнековых питателей разработанной модели ПГУ и обороты шнековых питателей полученные в результате обработки производственных трендов близки по величине. Это говорит о том, что разработанная модель является адекватной и может в дальнейшем использоваться для отладки алгоритма согласования загрузки твердофазных компонентов в аппараты ПР и АКТ производства гексафторида урана.

Список литературы

1. Лукас В.А.. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов.– 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 416 с.
2. Байдали С.А., Криницын Н.С., Дядик В.Ф. Параметрический синтез двухконтурной каскадной системы автоматического управления // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2010. – № 11/2. – С. 197–202.
3. Криницын Н.С., Байдали С.А., Дядик В.Ф. Идентификация технологического объекта управления по его реакции на произвольное входное воздействие // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2010. – № 11/2. – С. 226–230

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА КРОСС И SCADA-ПАКЕТА TRACE MODE 6

Неупокоева А.Е., Скороспешкин М.В.

Научный руководитель: Скороспешкин М.В., к.т.н., доцент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: nastena-yurga@rambler.ru

В настоящее время автоматизированные системы управления технологическими процессами основываются на базе промышленных микропроцессорных контроллеров и персональных компьютеров. В большинстве случаев структура таких систем является двухуровневой. Нижний уровень – это контроллеры, реализующие функции контроля и регулирования, а на верхнем – диспетчерские станции, осуществляющие оперативное отображение информации, архивирование информации и документирование.

Реализация функций АСУ ТП верхнего уровня осуществляется с помощью специальных программных пакетов, которые носят название SCADA- пакетов (Supervisory Control And Data Acquisition).

В настоящий момент существует множество SCADA-пакетов, как отечественных, так и зарубежных. В России наиболее распространенным SCADA-пакетом является Trace Mode 6, разработанный фирмой AdAstra.

Trace Mode 6 – это программный комплекс, предназначенный для разработки и запуска в реальном времени распределенных автоматизированных систем управления технологическими процессами и решения ряда задач управления предприятием.

В Trace Mode 6 включает в себя следующие особенности по разработке АСУ ТП:

- Многопользовательская система.
- Мультиплатформенность.
- Слои управления системой.
- Подсистемы.
- Уровни.
- Многозадачность.
- Большой список поддерживаемых контроллеров.

Комплекс программ Trace Mode 6 делится на три части:

1. Интегрированная среда разработки (ИС).
2. Исполнительные модули (мониторы, МВР).
3. Драйверы обмена.

Набор редакторов данного SCADA-пакета включает в себя:

1. Редакторы компонентов.
2. Редакторы источников/приемников.
3. Редакторы групп компонентов.
4. Редактор параметров узла.

В настоящей работе рассматривается система управления гидравлическим объектом, которая состоит из: гидравлического объекта, стенда с контроллером; персонального компьютера - операторская станция. Структурная схема системы управления гидравлическим объектом представлена на рисунке 1.

Гидравлический объект состоит из трёх ёмкостей E1, E2, E3, датчиков и средств воздействия на технологический процесс.

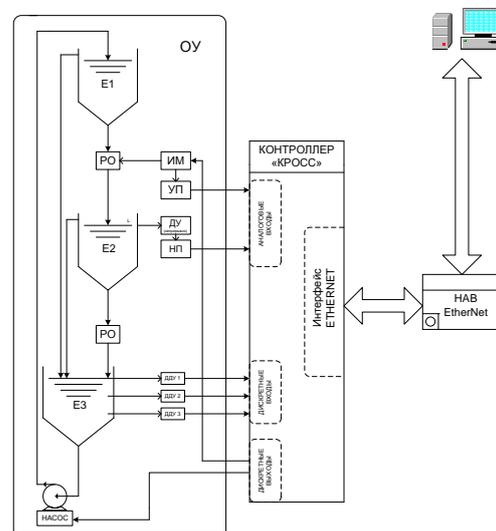


Рисунок 1. Структурная схема лабораторного комплекса

Функции управления и регулирования в системе выполняет промышленный микропроцессорный контроллер «КРОСС».

В качестве операторской станции в системе используется компьютер типа IBM PC на базе процессора CELERON 2800, с установленной SCADA системой ТРЕЙС МОУД 6.0 и системой программирования контроллера ISaGRAF.

Программа управления гидравлическим объектом написанная на языке FBD в среде программирования ISaGRAF, представлена на рисунке 2. Она состоит из следующих блоков:

- блок аналогового ввода-вывода(craio)
- блок формирования ошибки регулирования
- блок импульсного регулирования(imp_pid)
- блок дискретного входа(crdin)
- блок дискретного вывода(crdout)
- блок импульсного управление(impout)

- блок сравнения

Программа осуществляет регулирование уровня в емкости E2.

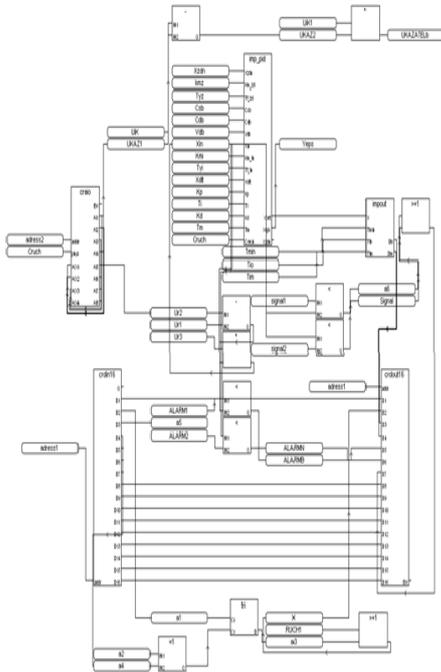


Рисунок 2. Программа управления гидравлическим объектом

В SCADA-пакете Trace Mode 6 была разработана мнемосхема технологического процесса (представлена на рисунке 3), в которой отражена динамика состояния технологического процесса в виде:

- гистограммы уровня в емкости E2;
- значений уровня в емкости E2, ошибки САР, задающего воздействия САР в виде графиков на тренде;
- коэффициентов ПИД-регулятора (K_p , K_d и T_i);
- архивных графиков изменений уровня в емкости E2, ошибки и задающего воздействия САР уровня;
- отчета тревог системы;
- визуального контроля работы насоса и поступления жидкости в ёмкость E2.

Статическая часть мнемосхемы представлена тремя емкостями, исполнительным устройством, ручным регулирующим органом и трубопроводами, соединяющими емкости. Динамика технологического процесса представлена трендом, гистограммой уровня в емкости E2, насосом и цифровыми индикаторами значений уровня в емкости E2, задания и ошибки, коэффициентов регулятора, а также индикатором положения исполнительного механизма. На тренде голубая линия соответствует текущему уровню в емкости E2, оранжевая линия - заданию (уставке), а синяя линия - ошибке. В нижней

части таким же цветом будут представлены цифровые значения уставки, уровня и ошибки в определенный момент времени. При изменении уровня в емкости E2 меняется высота жидкости в баке, который изображен в разрезе. Под трендом находится кнопка перехода на экран архивного тренда. Наверху мнемосхемы находятся индикаторы управляющего воздействия, уровня в емкости E2, ошибки и коэффициентов регулятора.

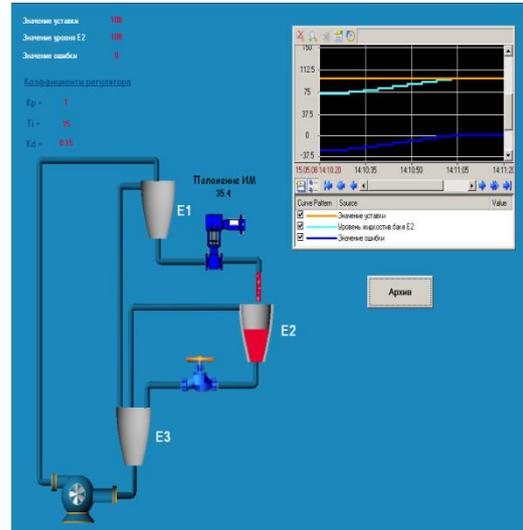


Рисунок 3 – Мнемосхема ТП

В результате проделанной научно-исследовательской работы был осуществлен анализ SCADA-пакета TRACE MODE 6.0, описан его состав и функциональные возможности. Также была разработана мнемосхема САР гидравлическим объектом, которая позволяет наглядно увидеть динамику технологического процесса.

В будущем планируется разработать программно-методическое обеспечение для изучения SCADA- системы Trace Mode 6.0.

Список литературы:

1. Андреев Е. Б., Н. А. Куцевич, Синенко О. В. Scada-системы: взгляд изнутри. — М: Изд-во РТСофт, 2004. — 176 с.
2. Букреев В. Г., Цхе А. В. Основы инструментальной системы разработки АСУ Trace Mode: учебное пособие; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во ТПУ, 2004. — 126 с.
3. Официальный сайт компании AdAstra [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.adastra.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Trace Mode 6. Том 1, 2, руководство пользователя. – М., 2006.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Нечаев К.А., Матвеев В.В.

Научный руководитель: Стукач О.В., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина, 30

E-mail: akadelpher@gmail.com

Представленные в статье результаты получены в рамках проекта по разработке информационной системы для отечественного предприятия полупроводниковой промышленности.

Информационная система управления производственными процессами представляет собой интегрированное аппаратно-программное решение, разработанное для сбора статистики, контроля и оперативного планирования деятельности на производственных предприятиях. [1] Результатами успешной реализации и внедрения такой системы являются увеличение объемов производства, сокращение себестоимости продукции, улучшение качества выпускаемой продукции.

Общие требования к архитектуре информационной системы

Можно сформулировать общие требования к архитектуре информационной системы:

- Слабосвязанная, гибкая архитектура, способная адаптироваться под различные технологии, поддерживать унаследованные системы, подключаться и принимать данные с различного оборудования

- Требование модульности вытекает из первого требования - при возникновении ошибки любого рода в одной из частей системы, либо при изменении этой части, программный код других частей должен быть затронут минимальным образом.

- Реализация какой-либо части должна быть полностью инкапсулирована в эту часть (требование единственности ответственности).

- Требование диагностируемости - реализуется при выполнении требований модульности и единственности ответственности: при четком разделении функционала более вероятно быстрое и верное нахождение неисправности [2].

- Архитектура должна соответствовать требованиям промышленной безопасности.

Также данный вид систем отличается от прочих корпоративных систем различными категориями пользователей и, следовательно, различными по сложности интерфейсами:

- Руководители – отвечают за планирование, контролируют состояние всей системы. В их интерфейсах может присутствовать большое множество диаграмм и статистики.

- Технологи – отвечают за настройку производственных процессов. Для их интерфейсов характерны диаграммы процессов сборки продукта и множество таблиц для описания параметров, спецификаций материалов, ресурсов, персонала и оборудования

- Операторы – непосредственно вовлечены в производственный процесс. Система должна отображать минимум информации, необходимый для поддержки производства. Для интерфейса характерны простые элементы управления, которыми можно пользоваться, не отвлекаясь от производства.

Архитектура информационной системы

Нами предложено решение, собранное из набора общепринятых практик и методологий. За основу взята сервис-ориентированная архитектура.

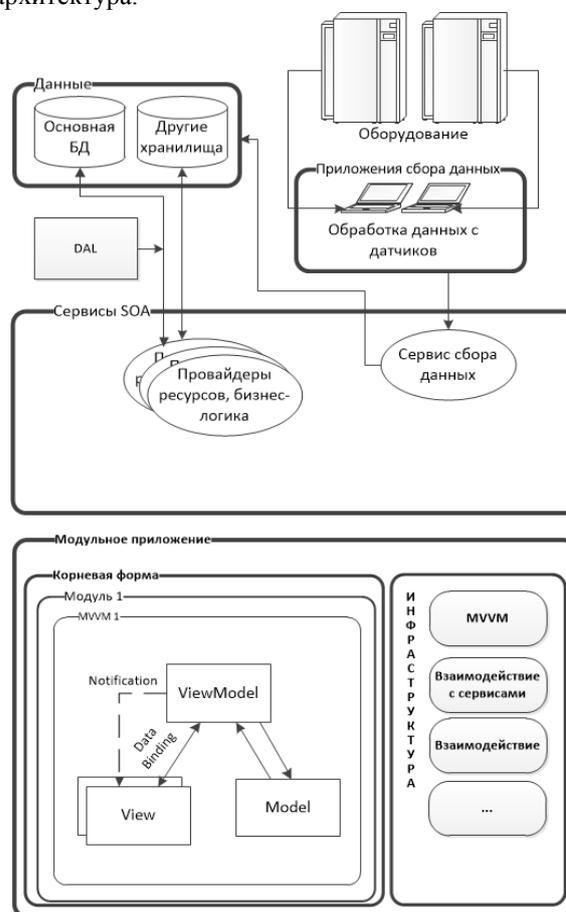


Рис. 1. - Программная архитектура системы

Ключевой частью сервис-ориентированной архитектуры является набор распределенных, слабосвязанных заменяемых компонентов, оснащенных интерфейсами для взаимодействия. [3] На схеме видно (рисунок 1), что потребитель сервиса и поставщик (хранилища данных, датчики оборудования) между собой напрямую не взаимодействуют, а пользуются посредниками (сервисы), что позволяет разрабатывать их отдельно друг от друга. Это уменьшает количество прямых связей частей системы. Архитектура

приложение соответствует требованию модульности, причем каждый модуль - поставщик либо потребитель сервиса.

Сам сервис получает и хранит данные системы в общей базе данных. При необходимости интеграции системы с другими корпоративными системами на предприятии создаются сервисы, которые могут получать данные от таких систем, либо получать их напрямую из баз данных этих систем.

Таким образом, решаются проблемы, связанные с растущей сложностью такой системы. Каждый сервис предоставляет клиентам свои интерфейсы, а сами клиенты могут представлять собой:

- Клиентские приложения для настольного персонального компьютера (ПК) под управлением любой операционной системы и разработанные с помощью любой из технологий (при условии, что технология поддерживает сетевое взаимодействие с сервисом).
- Производственные установки предприятия, на которые дополнительно разрабатывается клиент, получающий информацию с датчиков оборудования и отправляющий её на соответствующий сервис.
- Мобильные устройства с тонким клиентом.
- Веб-интерфейс для быстрого доступа к данным через интернет браузер.

Данная система является простой в администрировании, что позволяет обеспечить высокий уровень безопасности.

Клиентское приложение

Основное клиентское приложение состоит из модулей, каждый модуль – отдельный слабосвязанный проект (рисунок 2), что позволяет вести разработку каждого модуля независимо от других. Отсутствие прямых зависимостей также уменьшает риск возникновения ошибок при изменении одного из модулей во время итеративного процесса непрерывной интеграции.

Взаимодействие между модулями осуществляется с помощью механизмов инфраструктуры клиентского приложения (команды, агрегирование событий, контекст регионов и общие сервисы).

Каждый модуль выполняется с использованием шаблона проектирования Model-View-View Model (MVVM, модель – представление – модель представления). Данный шаблон разделяет ответственность между:

- моделью, которая отвечает за представление данных системы без учета того, как они будут выводиться пользователю;
- моделью представления, хранящей состояние клиентского приложения, обрабатывающей действия пользователя и оповещающей представление о всех изменениях модели;
- представлением, которое отвечает только за способ вывода данных. Представление следит за

оповещениями модели представления, а также сообщает модели представления о действиях пользователя. Внешне из себя представляет обычную экранную форму без программного кода.

Такой подход позволяет дизайнеру разрабатывать интерфейс системы независимо от разработчиков.

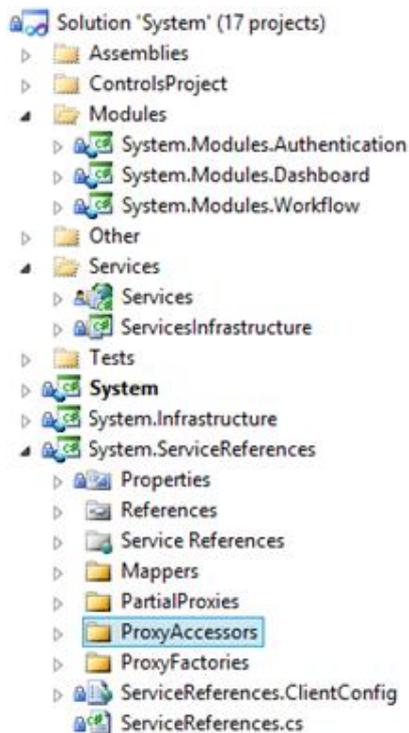


Рис. 2 – Структура проекта

В ходе работы над системой нами были продемонстрированы сценарии совместной работы над отдельными модулями системы, над одним представлением и моделью этого представления и использование компонентов, не совместимых с выбранной технологией клиентского приложения (если использовать их согласно классическим сценариям).

Список литературы

1. What is Manufacturing Execution Systems? [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://encycl.opentopia.com/term/Manufacturing_Execution_Systems, свободный.
2. Архитектура автоматизированной системы [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.bookasutp.ru/Chapter1_0.aspx, свободный.
3. SOA in Manufacturing Guidebook [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://services.mesa.org/resource/library/showresource/c604a2e1-f3b6-4411-a8f8-dbff278d2b16>, свободный.

АНАЛИЗ МНОГОМЕРНЫХ ДАННЫХ НА БАЗЕ ПАКЕТА “NOVOSPARK”

Никитина И.Е.

Научный руководитель: Марухина О.В., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: nikitina_ira@docsis.ru

Актуальной задачей на сегодняшний день является исследование объектов сложной природы. Такие объекты зачастую имеют множество признаков, что позволяет наиболее полно характеризовать сами объекты, а также окружающее их пространство. Однако при излишней многомерности данных информация становится трудноизвлекаемой.

Многомерные данные содержат информацию о двух или более признаках для каждого изучаемого объекта. В дополнение к той информации, которую можно извлечь из одномерных наборов, многомерные данные можно использовать для получения информации о том, существует ли простая зависимость между этими признаками, насколько они взаимосвязаны. Для того чтобы выявить зависимость между признаками необходимо провести анализ.

Анализ многомерных данных (АМД) – это современный подход к моделированию многомерных процессов и явлений, основанный на применении математических методов, позволяющих выделять в больших массивах данных скрытые переменные и анализировать связи, существующие в изучаемой системе. Иногда при применении методов АМД возникает ряд проблем, не позволяющих использовать эти методы корректно. В первую очередь проблемы связаны со спецификой применяемых данных:

- большая размерность признакового пространства, вызванная наличием нескольких десятков характеристик;
- отсутствие представительной статистики, которую зачастую не возможно получить из-за больших материальных затрат на их получение;
- наличие пропусков в данных, восстановление данных возможно при наличии представительной статистики;
- интервальный характер данных, обусловленный неопределенностью условий их получения, статистические методы принципиально не могут оперировать с указанными данными.

В настоящее время существует большое количество математических методов, используемых для анализа данных. Многообразие этих методов обусловлено объективным многообразием изучаемых явлений, которые данные методы призваны отображать и измерять. Особое значение имеют метод компонентного анализа, метод факторного анализа, метод дискриминантного анализа, а также метод кластерного анализа.

Еще одним методом анализа многомерных данных является визуализация. Под визуализацией данных понимается такой способ представления многомерного распределения данных на двумерной плоскости, при котором отражается информация о расположении данных в исходном пространстве, а также внутренние зависимости между признаками. Визуализацию применяют для решения задач прогноза и построения регрессионных зависимостей между признаками, для сжатия информации, заключенной в данных, для восстановления пробелов в данных и т.д. Существуют различные методы визуализации данных. Традиционными методами являются целенаправленное проецирование данных и многомерное шкалирование (множественные диаграммы рассеивания, полярные координаты, лица Чернова и другие). Однако традиционные методы не имеют возможность отразить всю многомерную информацию, как статическую, так и динамическую, в едином образе. В настоящее время на рынке программных продуктов появился современный инструмент визуализации «NovoSpark Visualizer», позволяющий производить качественный анализ многомерных данных на графическом образе.

Основой визуализационного подхода, реализованного в ПО «NovoSpark Visualizer» является линейное преобразование значений многомерного наблюдения A в двумерную кривую $f_A(t)$, т.е. $A \leftrightarrow f_A(t)$, при этом гарантируется, что близким по значениям наблюдениям A и B будут соответствовать визуально близкие образы-кривые $f_A(t)$ и $f_B(t)$; для сильно различающихся по значениям наблюдений их образы-кривые будут заметно отличаться. Данный метод визуализации нашел широкое применение практически на всех стадиях обработки и качественного анализа многомерных данных. Например, выявление аномалий и значимых переменных на этапе подготовки данных; идентификация закономерностей посредством кластеризации наборов статических данных и определение периодических участков в динамических данных (процессах); выбор и сравнение эталонных экземпляров среди одиночных наблюдений и групп наблюдений. Рассматриваемый метод и программное обеспечение («NovoSpark Visualizer») успешно применяется для принятия управленческих решений в системе энергоснабжения Томской области, в клинических исследованиях НИИ Онкологии РАМН, и других отраслях.

Наши исследования посвящены изучению внутрисистемных (нейродинамических и психодинамических) факторов, обуславливающих степень выраженности социально-психологических (личностных) свойств (черт) индивидуальности, образующих гендерный тип личности. Данные получены посредством применения опросника формально-динамических свойств индивидуальности (ОФСИ) В.М. Русалова, который опирается на достижения современного функционально-системного подхода в нейро- и психофизиологии. Тем самым, объекты описаны множеством признаков: индекс маскулинности (ИМ), индекс феминности (ИФ), эргичность моторная (ЭРМ), эргичность интеллектуальная (ЭРИ), эргичность коммуникативная (ЭРК), пластичность моторная (ПМ), пластичность интеллектуальная (ПИ), пластичность коммуникативная (ПК), скорость моторная (СМ), скорость интеллектуальная (СИ) и скорость коммуникативная (СК). Для решения задачи анализа многомерных объектов и определения их однородности мы использовали описанный выше метод визуализации на базе пакета «NovoSpark Visualizer».

Основной идеей визуализационного подхода, является представление каждого многомерного наблюдения в виде двумерной кривой. В этом случае, если два наблюдения близки по значениям, их кривые будут очень похожи друг на друга, в то время как если наблюдения отличаются сильно, то и кривые будут очень отличаться.

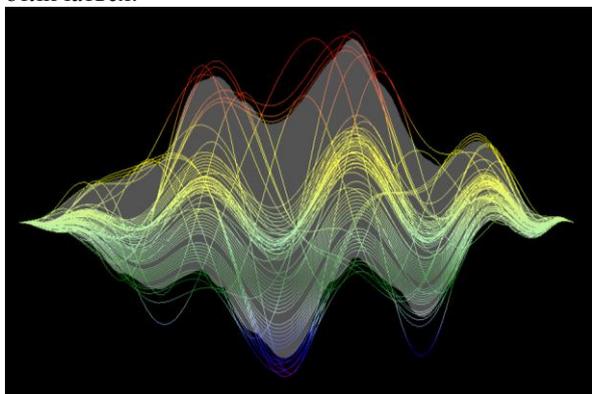


Рис.1. Выборка с аномальными наблюдениями

Задав облаку доверительный интервал $\sigma = 1,5$ при сильном фильтре, на рис.1 мы видим, что объекты по значениям измеряемых признаков неоднородны. Спектры кривых (сверху вниз) колеблются от красного (максимума), выходящего за верхнюю границу интервала, до темно-синего (минимума), выходящего за нижнюю границу доверительного интервала. Отметим, что большинство наблюдений имеют нормальные показатели и лежат внутри облака.

Выделив одну из кривых (рис. 2), выходящих за пределы облака, анализируем показатели соответствующего ей наблюдения. С помощью маркеров NovoSpark выделяет аномальные показатели красным цветом в таблице данных. Так, у выбранного нами наблюдения выходящими за интервал оказались показатели эргичности моторности, пластичности моторности и скорости моторности. Из чего делаем вывод об отклонениях наблюдаемого объекта в психомоторной сфере.

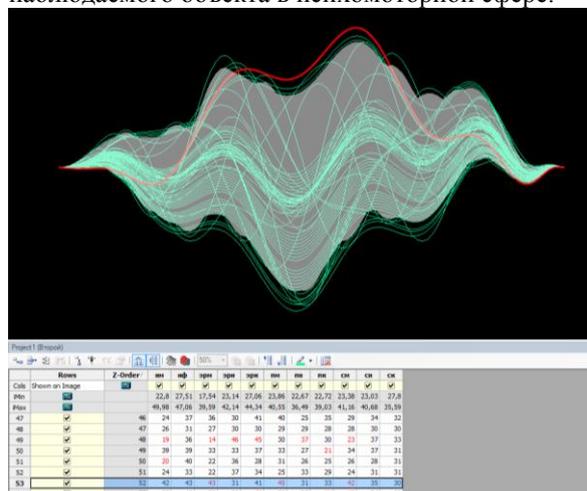


Рис.2. Единичное наблюдение с аномалиями

Используя метод визуализации многомерных данных становится возможным провести процедуру распознавания образов, индикацию аномальных состояний, определить их статистические характеристики. Инструмент визуализации «NovoSpark Visualizer» позволяет производить качественный анализ многомерных данных на графическом образе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эсбенсен К. Анализ многомерных данных. Избранные главы/ пер. с англ. С.В. Кучерявского; под ред. О.Е. Родионовой. – Барнаул: Изд-во Алт. Ун-та, 2003. – 157 с.
2. Novospark Visualizer – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.novospark.ru>, свободный. – Исследования
3. Шаропин К.А., Берестнева О.Г., Воловоденко В.А., Марухина О.В. Визуализация медицинских данных на базе пакета NovoSpark // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2010. – Т. 109. – № 8. – С. 242–249.
4. Симчера В.М. Методы многомерного анализа статистических данных. – М.: Финансы и статистика, 2008. – 400 с.
5. Дюк В., Эмануэль В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИДЕНТИФИКАТОРА ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

Лиепиньш А.В., Онуфриев В.А.

Научный руководитель: Гончаров В.И., д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: ovavadim@gmail.com

В настоящее время все более актуализируется задача качественной настройки промышленных систем автоматического управления (САУ). В случае, если САУ работают не в оптимальных условиях, это приводит к увеличению временных и материальных затрат. Обычно регламентный режим функционирования не достигается, так как регуляторы САУ настраивают вручную, без специальных инструментальных средств [1,2,3].

Для обеспечения регламентного режима необходимо выполнение ряда условий. К ним относятся наличие объективных аппаратно-программных средств контроля и настройки и совершенные методики выполнения этих процедур. Среди этих условий выделим исходное и наиболее важное – необходимость экспериментального получения сведений о текущих значениях параметров объекта управления (ОУ). От точности выполнения данного этапа – параметрической идентификации – зависит качество настройки САУ. Отсюда следует, что инженер-настройщик должен иметь соответствующий мобильный прибор-идентификатор. К сожалению, в настоящее время такие приборы на международном рынке отсутствуют, хотя потребность в них в различных отраслях промышленности очевидна и понятна. Основная причина – сложность задачи создания таких приборов.

В работе представлены результаты поиска алгоритмических, программных и аппаратных решений, направленных на создание мобильного идентификатора ОУ. На рис. 1 представлена функциональная схема устройства.

К ОУ, подключаются два аналого-цифровых преобразователя (АЦП1) и (АЦП2), соединенных с блоком синхронизации (БС) и с блоком получения передаточных функций (БППФ), который, в свою очередь, подключен к запоминающему устройству (ЗУ), связанному с устройством отображения графиков (УОГ).

Входной сигнал, поступающий на ОУ, и выходной сигнал, измеренный на выходе ОУ, поступают на АЦП модуля ввода-вывода, оцифровываются и передаются на портативный компьютер, где программно реализован блок получения передаточных функций (ПФ), в котором на основе данных вход/выход рассчитываются коэффициенты передаточной функции ОУ.

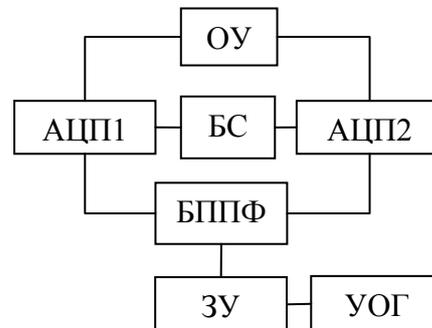


Рис. 1 – Функциональная схема прибора

Основой математического аппарата является вещественный интерполяционный метод (ВИМ) [4], специально разработанный для привлечения двух взаимосвязанных начал – численных методов расчета САУ и микропроцессорной техники. Метод ориентирован на использование частного случая преобразования Лапласа. Для пояснения обратимся к формуле прямого преобразования Лапласа

$$F(p) = \int_0^{\infty} f(t) \cdot e^{-p \cdot t} dt, \quad p = \delta + j \cdot \omega, \quad (1)$$

которая ставит в соответствие функции-оригиналу $f(t)$ изображение $F(p)$. Можно выделить два частных случая. Первый, когда $\delta = 0$ и $p = j\omega$ хорошо известен и соответствует преобразованию Фурье. Вторым получают при $\omega = 0$, что приводит к независимой переменной $p = \delta$, $\delta \in [C, \infty]$, $C \geq 0$.

$$F(\delta) = \int_0^{\infty} f(t) \cdot e^{-\delta \cdot t} dt \approx \sum_{k=0}^{\infty} f(kT_0) e^{-\delta k \Delta t}, \quad (2)$$

Этот случай не столь широко известен, как первый, но он имеет существенную привлекательную особенность – переменная δ является вещественной. В результате возникает два важных следствия:

- операции с изображением $F(\delta)$ оказываются свободными от непростой операции выделения вещественной и мнимой частей, характерной для преобразования Фурье;
- на функции $F(\delta)$ естественным образом распространяются численные методы, удобные для использования в цифровых вычислительных устройствах.

В этих условиях задача получения ПФ по экспериментальным отсчетам сигналов входа $x_k = 1$

и выхода $y_k = h(k \cdot T_0)$ (k – номер измерения, T_0 – период дискретизации) сводится к вычислению значений

$$W(\delta_i) = \delta_i \cdot \sum_{k=0}^{\infty} h(kT_0) e^{-\delta_i k \Delta t}, \quad (3)$$

по которым можно найти коэффициенты ПФ путем решения системы уравнений

$$W(\delta_i) = \frac{b_m \delta_i^m + b_{m-1} \delta_i^{m-1} + \dots + b_1 \delta_i + b_0}{a_n \delta_i^n + a_{n-1} \delta_i^{n-1} + \dots + a_1 \delta + 1}, i = 1, m + n + 1$$

Обоснование этих действий и алгоритм решения задачи подробно рассмотрен в работе [5]. Новые решения связаны с созданием аппаратно-программной среды, реализующей алгоритм идентификации на основе ВИМ.

На первом этапе идентификатор получает данные через модуль ввода-вывода (рис. 2).

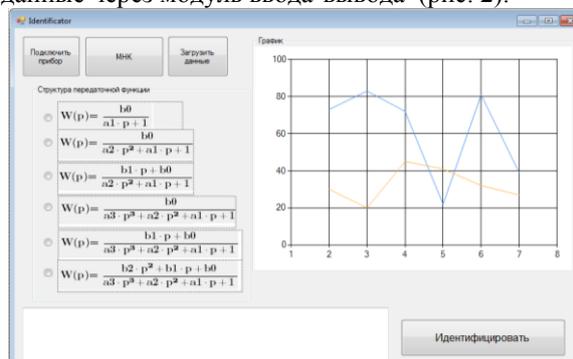


Рис. 2 – Интерфейс программы

Для получения приемлемой по точности модели выбирается одна из предложенных структур ПФ (Рис. 3), для которой находятся ее коэффициенты.

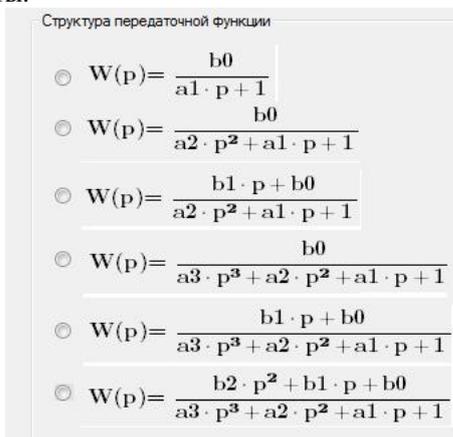


Рис. 3 – Библиотека передаточных функций

Заключительным этапом идентификации является проверка полученного решения по определенному критерию (чебышевскому) в области времени. На основании полученной оценки точности принимается решение о завершении работы или продолжении итерационной процедуры приближения к заданной точности.

Для демонстрации возможностей прибора приведем результаты решения конкретной задачи.

Получена переходная характеристика ОУ при наличии помех. График характеристики представлен на рис. 4.

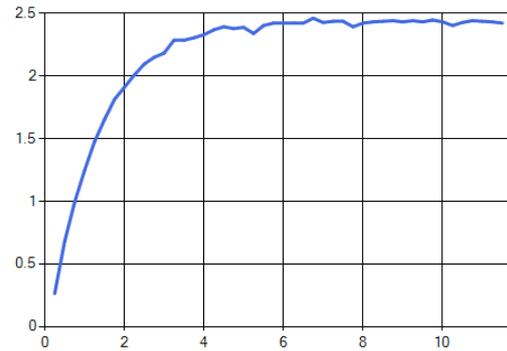


Рис. 4 – Выходной сигнал ОУ

Результат идентификации:

$$W(p) = \frac{2.422}{0.139p^2 + 1.318p + 1} \quad (4)$$

Для проверки результата получена переходная характеристика, соответствующая ПФ (4).

На рис. 5 показаны обе переходные характеристики: исходная и полученная.

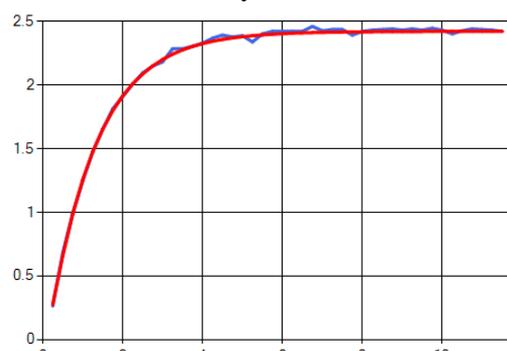


Рис. 5 – Результат

Дальнейшей задачей является усовершенствование прибора до появления возможности идентификации ОУ на основе импульсных моделей. Кроме того, прибор планируется оснастить интерфейсами для работы с цифровыми датчиками.

Литература

1. Ender D. Controll loop analysis and optimization // Contr. and Instrum.- 1990.- Vol.22.- №11.- P.77-78.
2. Автоматизация настройки систем управления / В.Я. Ротач, В.Ф. Кузицин, А.С. Ключев и др.; Под ред. В.Я. Ротача.- М.: Энергоатомиздат, 1984.- 272 с., ил.
3. Остром К. Настройка и адаптация // Приборы и системы управления.- 1997.- №9.- С.53-65.
4. Гончаров В.И. Синтез электромеханических систем промышленных роботов. - Томск: ТПУ, 2002. – 100 с.
5. Goncharov V., Rudnicki V. Real interpolation method in automatic control systems self-adjustment problem // Systems Science, vol. 36, № 3, 2010, pp. 35 - 37

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ СИНТЕЗА ПИ-РЕГУЛЯТОРА ЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Осипенко А.И., Езангина Т.А.

Научный руководитель: Езангина Т.А., ассистент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: Osipenko7@sibmail.com

К настоящему времени разработано большое число методов синтеза линейных систем автоматического управления (САУ), позволяющих осуществлять обоснованный выбор структуры и параметров регулятора для обеспечения в системе заранее заданных требований к ее качеству. Показатели качества можно разбить на четыре группы: частотные, временные, корневые и коэффициентные, определяемые набором коэффициентов передаточной функции. Анализ методов синтеза САУ показывает, что для выбора настроек регулятора желательно иметь простые аналитические или графические зависимости, позволяющие легко перейти от показателей качества САУ к искомым параметрам регулятора. За исключением простых случаев (для систем первого и второго порядков) такие зависимости сложно получить при использовании частотных или временных показателей качества. Значительно проще задача параметрического синтеза регулятора решается на основе корневого подхода или при использовании коэффициентных методов.

Коэффициентные методы позволяют получить пусть и приближенные в некотором смысле, но простые соотношения, позволяющие связать (обычно некоторыми неравенствами) показатели качества САУ произвольного порядка и искомые параметры регулятора [1].

Одним из широко используемых при проектировании САУ критериев является максимальная степень устойчивости системы. Известно, что системы, синтезированные по этому критерию, при прочих равных условиях, обладают более высоким быстродействием, меньшим перерегулированием и большим запасом устойчивости [1].

Синтезу линейных регуляторов, обеспечивающих максимальную степень устойчивости в стационарных САУ, посвящено большое число работ, из которых следует выделить работы [1–3].

Заметим, что наряду с максимизацией степени устойчивости САУ необходимо также гарантировать в ней и требуемую колебательность.

Очевидно, что для проектировщика САУ желательно иметь удобный и эффективный инструмент, позволяющий проводить синтез САУ с использованием современного программного обеспечения (пакеты Mathcad, MATLAB, Maple, Borland C++). В частности, язык программирования C++ обладает определёнными преимуществами перед остальными, имеет

простой, но достаточно гибкий входной язык программирования, библиотеки стандартных подпрограмм – функций.

Таким образом, целью данной работы является разработка на основе коэффициентного метода отдельного модуля для синтеза ПИ-регулятора по критерию максимальной степени устойчивости при ограничении на колебательность.

1. Алгоритм синтеза ПИ-регулятора

Пусть имеется линейная стационарная непрерывная система, которая включает передаточной функции объекта управления $W_{OY}(s)$ и функции ПИ-регулятора $W_p, s = \frac{k_1 s + k_0}{s}$

Для дальнейшего синтеза ПИ-регулятора получен интервальный характеристический полином:

$$D s = d_4 s^4 + d_3 s^3 + d_2 s^2 + d_1 s + d_0 \quad (1)$$

Заметим, что коэффициенты d_i в (1) включают в себя параметры регулятора и параметры интервального объекта.

Приведем алгоритм синтеза ПИ-регулятора на основе основных показателей качества.

Согласно [4] величина добротности по скорости будет определяться выражением

$$D = \frac{k_0 b}{d_0}$$

Введем вспомогательные параметры λ_i , образуемые четверками рядом стоящих коэффициентов (1): $\lambda_i = \frac{d_{i-1} d_{i+2}}{d_i d_{i+1}}, i = \overline{1, n-2}$.

В [1] на основе данных параметров приведено следующее утверждение: чтобы все корни характеристического полинома (1) стационарной САУ лежали левее вертикальной прямой, проходящей через точку $(-\eta, j0), 0 \leq \eta < \infty$, достаточно выполнения условий:

$$\begin{cases} \lambda_i^{**} = \frac{d_{i-1} d_{i+2}}{d_i - d_{i+1} \quad n-i-1 \quad \eta \quad d_{i+1} - d_{i+2} \quad n-i-2 \quad \eta} < 0.465 \\ d_k \geq d_{k+1} (n-k-1) \eta, k = \overline{1, n-1} \\ d_0 - d_1 \eta + 2 d_2 \frac{\eta^2}{3} \geq 0 \end{cases}$$

Согласно [4], для определения максимальной степени достаточно выполнения условий:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_i^{**}; \eta^* = 0.465, \quad i \in \overline{1, n-2}; \\ \lambda_j \eta < 0.465, \quad j = \overline{1, n-2}, \quad j \neq i; \\ d_k \geq d_{k+1} (n-k-1)\eta, \quad k = \overline{1, n-1} \\ d_0 - d_1\eta + 2d_2 \frac{\eta^2}{3} \geq 0. \end{array} \right. \quad (4)$$

Для решения задачи синтеза на основе приведенных достаточных условий авторами предложена блок-схема алгоритма параметрического синтеза ПИ-регулятора, рис. 1.

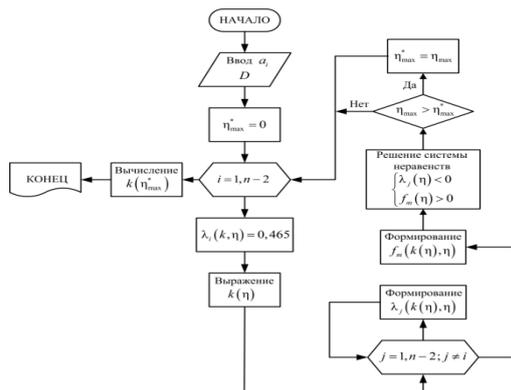


Рис. 1. Блок-схема параметрического синтеза

2. Пример синтеза ПИ-регулятора с помощью программного обеспечения

Для параметрического синтеза ПИ-регулятора на основе приведенного алгоритма разработано программное обеспечение. Приведем пример применения данного программного обеспечения. Пусть объект управления задан передаточной функцией

$$W_{OV} s = \frac{b}{d_3 s^3 + d_2 s^2 + d_1 s + d_0},$$

где коэффициенты имеют следующие значения: $d_0=1, d_1=0,61, d_2=0,056, d_3=0,005, b=1$.

Требуется определить параметры регулятора обеспечивающие системе максимальную степень устойчивости и заданную точность. Пусть в системе необходимо обеспечить добротность $D=10$.

На основе приведенного алгоритма разработан программный продукт. Используя разработанное программное обеспечение, рассчитаны настройки ПИ-регулятора, обеспечивающие ограничение на точность.

Из рисунка 2 видно, что параметры равняются $\eta^* = 0.7, k_1 = 10, k_2 = 1.97$.

Для проверки работоспособности программного обеспечения построим переходную характеристику (рис.3)

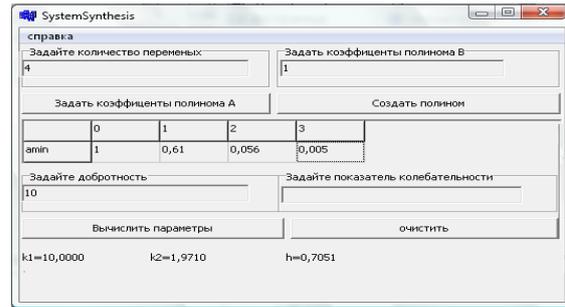


Рис. 2. Результаты синтеза ПИ-регулятора

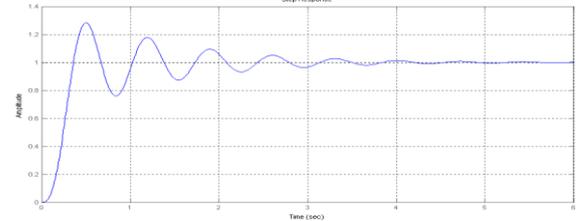


Рис.3. Переходная характеристика

Из рис.3 видно, что время переходного процесса равняется $t=4,1c.$, что свидетельствует найденной максимальной степени устойчивости и найденным параметрам регулятора.

Заключение

1. Представлен алгоритм параметрического синтеза ПИ-регулятора, обеспечивающего максимальную степень устойчивости и заданную добротность системы автоматического управления.

2. Разработано программное обеспечение позволяющее определять настройки регулятора на основе критерия максимальной степени устойчивости

3. Полученные результаты рассмотрены и апробированы на численном примере.

4.

Литература

1. Петров Б.Н., Соколов Н.И., Липатов А.В. и др. Системы автоматического управления объектами с переменными параметрами: Инженерные методы анализа и синтеза. – М.: Машиностроение, 1986. – 256 с.: ил.

2. Волков А.Н., Загашвили Ю.В. Метод синтеза систем автоматического управления с максимальной степенью устойчивости при наличии ограничений // Известия РАН. Сер. Теория и системы управления. – 1997. – № 3. – С. 12–19.

3. Шубладзе А.М. Способы синтеза систем управления максимальной степени устойчивости // Автоматика и телемеханика. – 1980. – № 1. – С. 28–37.

4. Гайворонский С.А. Методика выбора параметров регулятора для интервальной системы автоматического управления / Гайворонский С.А., Езангина Т.А. // Вестник науки Сибири. 2012-№ 3(4).-с.143-147.

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТОМОГРАФИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ В ПРОЦЕССЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Очоа Бикэ А.О.

Научный руководитель: Цапко С.Г., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: anthonob@tpu.ru

Движимое серьезными изменениями в технологии производства цифровых датчиков, использование рентгена получило широкое распространение не только в области медицинской диагностики, но и национальной безопасности, неразрушающего тестирования, исследования материалов и других. При помощи рентгеновских лучей можно «просветить» человеческое тело, в результате чего можно получить изображение костей, а в современных приборах и внутренних органов. Также рентген применяется для выявления дефектов в изделиях, для выяснения структуры веществ на атомном уровне, может быть определен химический состав вещества. В аэропортах активно применяются рентгенотелевизионные интроскопы, позволяющие просматривать содержимое ручной клади и багажа в целях визуального обнаружения на экране монитора предметов, представляющие опасность. Из-за широкого охвата области рентген используется во многих ведущих ВУЗах мира в научных целях. В рамках сотрудничества России и Германии с июня 2010 года началось выполнение проекта «UFO – Ultra-fast X-ray Imaging of Scientific Processes with On-line Assessment and Data-driven Process Control»[1], который направлен на получение рентгеновских изображений с большой скоростью. Экспериментальная станция (Рис.1), предназначенная для проведения рентгеновских экспериментов по получению изображений, была установлена на синхротроне ANKA (Карлсруэ, Германия).



Рис. 1. Экспериментальная станция

По первоначальной оценке проекта было принято решение организовать процесс получения данных в виде постоянной последовательности томографий (Рис. 2).

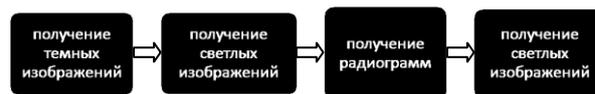


Рис. 2. Последовательность получения томографий

Но в процессе выполнения эксперимента выявилась неэффективность данного решения в связи с затратами времени на получение какого-либо из этапов последовательности, и было решено разбить данный процесс на 2 части:

- получение изображений;
- получение радиограмм.

Была поставлена цель, направленная на развитие подходящих алгоритмов контроля, которые используя результаты анализа, автоматизировали типовое регулирование и осуществляли изменения экспериментальных условий автономно.

Для реализации цели были поставлены следующие задачи:

- настроить станцию
- разработать программы для контроллера AEROTECH Ensemble для получения изображений и радиограмм [2];
- разработать программу на Python для получения позиций двигателя;
- разработать макросы на SPEC для подключения программ [3, 4].

Для того чтобы программы работали без ошибок выбрано следующее аппаратное обеспечение:

1. Ensemble HLe контроллер;
2. ABRT 150 AS вращающаяся станция;
3. PCO.4000 камера;
4. Горизонтальный двигатель, управляемый SPEC;
5. аппаратное обеспечение для генерации TTL сигнала и считывания TTL сигнала, управляемый SPEC.

Соединение (Рис. 3):

- Камера и HLe секция на министойке:
- соединить exp. out камеры с exp. out на HLe министойке;

- соединить asq. enable камеры с ac. ep. на министойке.
- TomoTable и HLe секция на министойке:
 - соединить trig. in на TomoTable с exp. trig. in на министойке;
 - соединить trig. out на TomoTable with busy out на министойке.

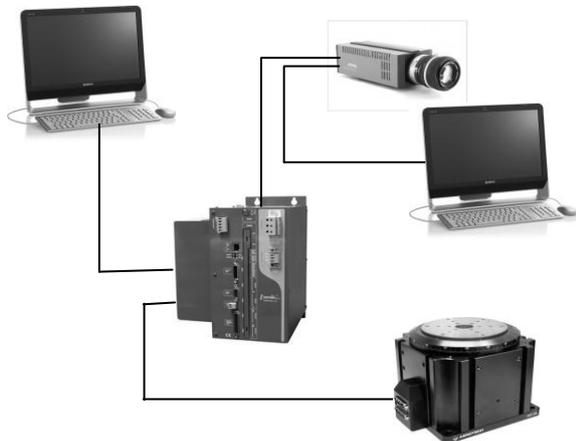


Рис. 3. Схема соединения аппаратной части

Процесс получения данных проходит путем включения камеры в режим записи и последующим запуском макроса SPEC на терминале. Макрос служит подпрограммой, которая передает информацию о количестве данных, которых необходимо получить, на контроллер (Рис. 4).

```

365.TOMOTABLE> qdo /home/ankatoto/Macros/aerorot_take_radiograms.mac
Reading file "/home/ankatoto/Macros/aerorot_take_radiograms.mac".

366.TOMOTABLE> aerorot_take_radiograms 10 0 180
Test of the tomography system
Date: Fri Aug 17 14:04:46 2012

Number of projections: 10
Total initialization time before opening shutter: 0.148318 (s)
waiting for start signal from Ensemble
received start signal from Ensemble
clearing signal from Ensemble
opening shutter
waiting ten seconds to warm up scintillator
Time to open shutter: 10.004776 (s)
moving sample into field of view

micosx
-0.0005
notifying Ensemble that sample is in field of view
waiting for Ensemble to acquire radiograms
moving sample to flatfield position

micosx
-0.4995
Just time making radiograms (between opening and closing shutters): 8.815097 (s)
closing shutter
clearing signal from ensemble
Total time of acquiring flat images: 20.470106 (s)
Total time: 20.618768 (s)
    
```

Рис. 4. Получение радиограмм

Так же передает сигнал на открывание/закрывание задвижки трубки рентгеновского пучка и сигнал на управление плоского двигателя, на котором расположена вращающаяся станция (это необходимо, чтобы устанавливать или убирать образец от действия рентгеновского луча). В случае некорректного запуска макроса, выдается ошибка, и система не запустится, пока не будут внесены изменения (Рис. 5).

```

372.TOMOTABLE> aerorot_take_radiograms
Error! Please provide missing parameters: number of radiograms, duplicity, scanrange
    
```

Рис. 5. Ошибка

Краткий план по получению данных:

- начать делать запись;
- запустить макрос SPEC, необходимый для коммуникации с HLe и плоским двигателем;
- запустить макрос SPEC, необходимый для получения данных о позиции двигателя;
- после того как программа выполнится, остановить запись на камере.

Результат:

В ходе выполнения работы, поставленные задачи были выполнены. Написанные программы для контроллера AEROTECH Ensemble Hle работают корректно, макросы обеспечивают взаимодействие между аппаратной частью установки, получение томографических данных стало быстрее (Рис. 6).

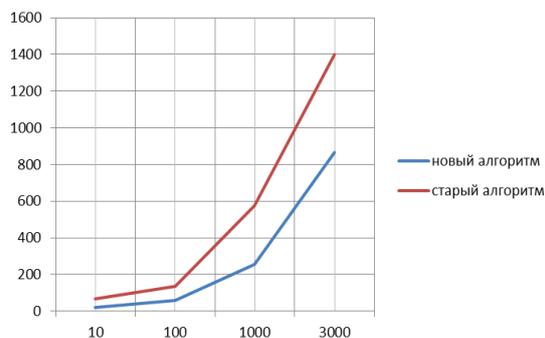


Рис. 6. График зависимости получения томографии от времени

Литература

1. Ultra-fast X-ray Imaging [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ufo.kit.edu/>, свободный.
2. Справка по работе на контроллере AEROTECH Ensemble Hle.
3. Certified Scientific Software [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.certif.com/>, свободный.
4. Randolf Butzbach. SPEC Short Manual, 2003.-43с.

МЕСТО ПОДСИСТЕМЫ ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ SCADA-СИСТЕМЕ

Ганджа Т.В., Панов С.А.

Научный руководитель: Дмитриев В.М., д.т.н., профессор

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

E-mail: ps@tusur.ru

Введение

Одним из современных направлений развития SCADA-систем является интеллектуализация процесса управления. Под интеллектуализацией понимается автоматизация функций процесса управления, позволяющих оператору на основе получаемых данных своевременно определять оптимальные режимы функционирования объекта управления и принимать управленческие решения. Такие системы в настоящее время получили название интеллектуальных SCADA-систем.

Их применение особо актуально для предприятий нефтегазовой промышленности (НГП), так как протекающие в промышленных объектах технологические процессы должны удовлетворять требованиям экономической эффективности и экологической безопасности. Особенности предприятий НГП являются:

- непрерывность и однотипность технологических процессов на большом числе объектов;
- распределение технологических объектов на достаточно больших площадях;
- связь всех объектов через один пласт, на который пробурены все добывающие и нагнетающие скважины, через поток продукции, энергетические и управляющие информационные потоки;
- постоянные и вероятностные техногенные воздействия технологических процессов на находящиеся на территории объекты природной среды;
- высокая зависимость характеристик протекающих процессов от параметров и характеристик природной среды.

Для интеллектуализации управления технологическими процессами, протекающими в промышленном оборудовании предприятий НГП, в интеллектуальные SCADA-системы должны быть интегрированы программно-алгоритмические средства автоматизированного документирования. В настоящее время применяемые в промышленности SCADA-системы, хоть и включают средства автоматизации документирования, но не обеспечивают их сопряжение с внедряемыми в процесс управления компьютерными моделями и другими средствами интеллектуализации управления.

Для решения данной актуальной для нефтегазовой промышленности проблемы в данной работе исследуются вопросы построения и задачи подсистемы документирования SCADA-системы, позволяющей осуществлять

автоматизированное формирование отчетных форм, содержащих данные о функционировании сложных технологических объектов (СТО) [1] в НГДП и результаты анализа ее моделей.

Место подсистемы документирования в интеллектуальной SCADA-системе

Для выполнения основных функций и решения задач, позволяющих определять, устанавливать и поддерживать экологически безопасные и экономически эффективные режимы технологических процессов, структурно-функциональная схема интеллектуальной SCADA-системы (рис. 1) должна включать в себя следующие подсистемы:

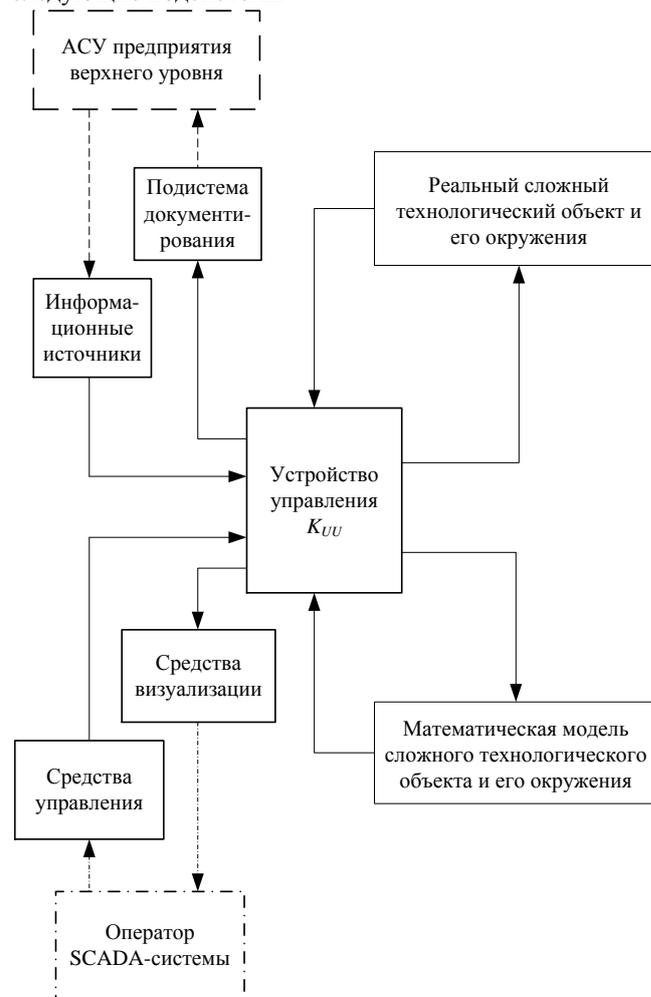


Рис. 1. Структурно-функциональная схема интеллектуальной SCADA-системы

- *Реальный сложный технологический объект*, в котором протекает подлежащий управлению технологический процесс.

- *Математическая модель СТО*, структурно подобная реальному сложному технологическому объекту и составленная относительно его первичных параметров и переменных с целью эффективного получения требуемых результатов моделирования;

- *Устройство управления*, функциями которого являются сбор и анализ результатов измерения и моделирования, передача необходимых значений на средства визуализации, прием и обработка управляющих воздействий, выработанных оператором интеллектуальной SCADA-системы.

Взаимодействие с автоматизированной системой управления технологическими процессами (АСУ ТП) предприятия верхнего уровня организуется на уровне передачи необходимой информации через подсистему документирования и получения необходимых значений с помощью информационных источников;

- *Информационные источники*, представляющие собой базы данных и базы знаний предприятия, к которым имеет доступ интеллектуальная SCADA-система;

- *Подсистема документирования*, предназначенная для автоматизированной подготовки отчетной документации о функционировании СТО с целью ее передачи в различные службы предприятия с помощью единой АСУ ТП верхнего уровня;

- *Средства визуализации*, представляющие собой программно-реализованные модули отображения на экране компьютера в понятном оператору интеллектуальной SCADA-системы виде данных измерения характеристик реального СТО и его окружения.

- *Средства управления* – визуальные средства, позволяющие оператору интеллектуальной SCADA-системы воздействовать на управляемый СТО и его модель непосредственно с экрана монитора.

Предлагаемая структурно-функциональная схема интеллектуальной SCADA-системы полностью обеспечивает интеллектуализацию процесса управления СТО в НГДП.

Задачи подсистемы документирования

Можно выделить следующие задачи, решаемые подсистемой документирования:

- Подготовка и генерирование отчетной документации о протекании технологических процессов (ТП) и функционировании СТО;

- Передача отчетной документации в различные службы предприятия с помощью единой АСУ ТП верхнего уровня;

- Архивирование и просмотр технологической информации.

Отчеты, формируемые в подсистеме документирования могут быть сохранены во многих форматах, например:

- Microsoft Office Word;
- PDF;
- TeX/LaTeX/MikTeX;
- XML;
- OpenOffice Document File.

Также в подсистеме документирования предусмотрена возможность отправки документа сразу на печать (минуя этап сохранения).

Многие используемые на НГДП документы имеют однотипную структуру, поэтому подсистема документирования поддерживает систему шаблонов. Шаблоны могут содержать множество неизменяющихся (статических) данных и специальных мест для вставки данных – тегов. Например шаблон может содержать таблицы, куда заносятся данные измерения характеристик реального объекта, результаты моделирования и решения задач управления.

Заключение

Подсистема документирования является неотъемлемым элементом интеллектуальной SCADA-системы, так как позволяет существенно автоматизировать процесс получения информации от устройства управления и ее последующей обработки, а также процессы формирования, архивирования и передачи готовых отчетных форм в другие компоненты SCADA-системы.

Использование алгоритма автоматизированного формирования документов было апробировано в области научных исследований и подтвердила свою эффективность [2].

Литература

1. Ганджа Т.В. Формализованное представление обобщенного технически сложного объекта с компьютерной моделью в контуре управления // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. – 2012. – № 2. – С. 29-35.

2. Ганджа Т.В. Задачи и структура подсистемы документирования исследований в среде многоуровневого моделирования MAPC / Т.В. Ганджа, С.А. Панов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2011. – № 2 (24). – Ч. 2. – С. 334-338.

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЛИЦ В CRM-ПРИЛОЖЕНИИ

Пантюхин А.Р., Т.В. Александрова
Томский политехнический университет
sanyapantukhin@gmail.com

Введение

При решении задачи распознавания лиц возникают две проблемы.

Во-первых, любая картинка представляет собой массив пикселей. В то же время один пиксель картинки ничего не значит (его цвет можно изменить, и никто не заметит разницы). Это делает такое представление картинок избыточным и неэкономичным. Таким образом, для эффективного распознавания лиц необходимо разработать некоторый компактный и удобный формат представления картинок. На сегодняшний день известно множество способов сжатия изображений с потерями, но используемый в нем формат не удобен для классификации фотографий людей, хотя бы, потому что для решения задачи распознавания лиц требуется, опять-таки, гораздо меньше информации.

Это связано в первую очередь с тем, что нет необходимости определять, как выглядит данный человек из коллекции, а требуется решить обратную задачу: какой человек из коллекции выглядит данным образом.

Вторая проблема заключается в том, что одно и то же лицо может быть сфотографировано при различных внешних факторах, таких как свет, поза, эмоции.

Алгоритм распознавания лиц

Обучение классификаторов идет очень медленно, но результаты поиска лица очень быстры, именно поэтому был выбран данный метод распознавания лиц на изображении. Виола-Джонс является одним из лучших по соотношению показателей эффективность распознавания/скорость работы. Также этот детектор обладает крайне низкой вероятностью ложного обнаружения лица. Алгоритм даже хорошо работает и распознает черты лица под небольшим углом, примерно до 30 градусов. При угле наклона больше 30 градусов процент обнаружений резко падает. И это не позволяет в стандартной реализации детектировать повернутое лицо человека под произвольным углом, что в значительной мере затрудняет или делает невозможным использование алгоритма в современных производственных системах с учетом их растущих потребностей.

Создание “единого портрета”

У всех людей отношения расстояния между глазами к высоте носа примерно одинаковы. Поэтому, целесообразно выделить на лице некоторые контрольные точки, такие как нос, глаза, брови, рот, скулы, щеки, подбородок.

Выделим на произвольном лице некоторые контрольные точки. Для того, чтобы определить, где у заданного человека находятся эти точки, необходимо иметь некоторые представления о их расположении. Для этого построим “единый портрет”. Зафиксируем набор интересующих нас контрольных точек (именно этот этап определяет качество алгоритма распознавания). Затем для каждого изображения из коллекции укажем, где находится каждая из контрольных. Теперь усредним расстояния между контрольными точками. Полученный таким образом граф называется “единым портретом”.

Впоследствии произведем сравнение полученных графов с Прimitives Хаара (рис.1). На основании чего сделаем вывод о количестве человеческих лиц на изображении.

Пример изображения, где было найдено человеческое лицо (рис.2).

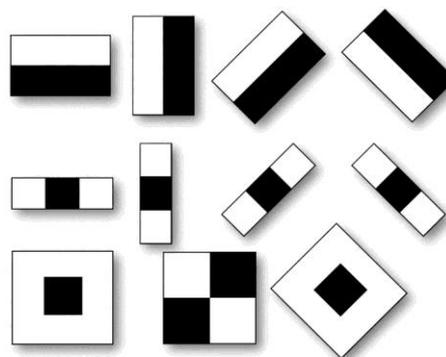


Рис.1 Примитивы Хаара

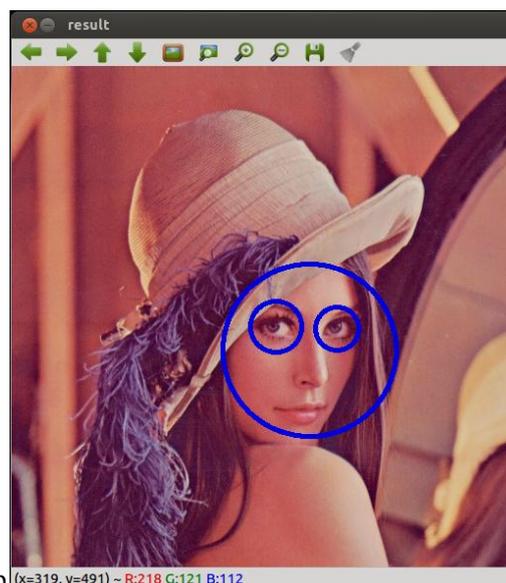


Рис.2 Результат распознавания человеческого лица

CRM системы

Прикладное программное обеспечение для организаций, предназначенное для автоматизации стратегий взаимодействия с заказчиками (клиентами), в частности, для повышения уровня продаж, оптимизации маркетинга и улучшения обслуживания клиентов путём сохранения информации о клиентах и истории взаимоотношений с ними, установления и улучшения бизнес-процедур и последующего анализа результатов.

CRM — модель взаимодействия, полагающая, что центром всей философии бизнеса является клиент, а основными направлениями деятельности являются меры по поддержке эффективного маркетинга, продаж и обслуживания клиентов. Поддержка этих бизнес-целей включает сбор, хранение и анализ информации о потребителях, поставщиках, партнёрах, а также о внутренних процессах компании. Система делится на: Фронтальную часть, обеспечивающую обслуживание клиентов на точках продаж с автономной, распределенной или централизованной обработкой информации. Операционную часть, обеспечивающую авторизацию операций и оперативную отчетность. Хранилище данных Аналитическую подсистему. Распределенную систему поддержки продаж: реплики данных на точках продаж или смарт-карты.

Причины внедрения CRM систем

Основной целью внедрения, как правило, ставится увеличение степени удовлетворённости клиентов за счёт анализа накопленной информации о клиентском поведении, регулирования тарифной политики, настройки инструментов маркетинга. Благодаря применению автоматизированной централизованной обработки данных появляется возможность эффективно и с минимальным участием сотрудников учитывать индивидуальные потребности заказчиков, а за счёт оперативности обработки — осуществлять раннее выявление рисков и потенциальных

возможностей.

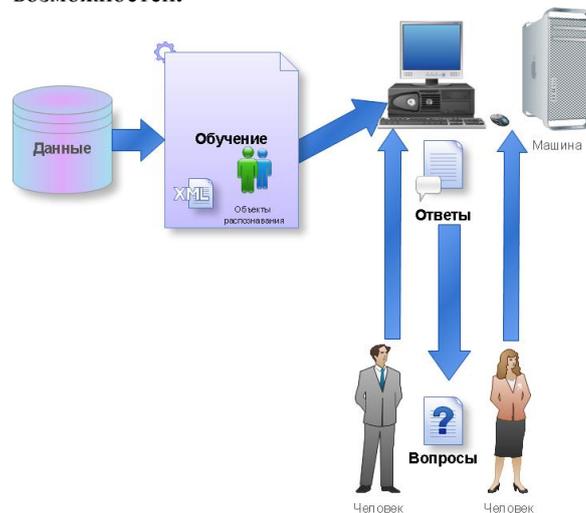


Рис.3 Структура CRM системы

Выводы:

В настоящее время CRM системы являются развивающимся направлением в ИТ – индустрии. Все полученные в процессе изучения данной тематики знания успешно используются в создании подобной системы для одной из Томских компаний. На данном этапе реализуются алгоритмы более точного распознавания клиентов.

Литература:

- 1 Самаль Д.И., Старовойтов В.В. Выбор признаков для распознавания на основе статистических данных // Цифровая обработка изображений. - Минск:ИТК, 1999.- С.105-114.
- 2 Гринберг, Пол CRM со скоростью света = CRM at the speed of light. — СПб.: Символ Плюс, 2007
- 3 Хорн Б.К.П. Зрение роботов. - М:Мир, 1989. - 488 с.
- 4 Eickeler S., Muller S., Rigoll G. High performance face recognition using Pseudo 2-D Hidden Markov Models // Gerhard-Mercator-University Duisburg, Germany, 1998.
- 5 Eickeler S., Muller S., Rigoll G. Recognition of JPEG Compressed Face Images Based on Statistical Methods // Gerhard-Mercator-University Duisburg, Germany, 1999.

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МОТОРНЫХ ТОПЛИВ

Петрова А.А., Киргина М.В.

Научный руководитель: Иванчина Э.Д., д.т.н., профессор
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30
E-mail: petrova-a@sibmail.com

Важной проблемой нефтеперерабатывающей промышленности является получение качественного высокооктанового бензина, соответствующего техническому регламенту. Основной задачей, стоящей перед каждым нефтеперерабатывающим заводом, является производство высококачественного бензина при снижении издержек на производство. Большая роль в решении этой задачи отводится процессу компаундирования высокооктановых бензинов, как завершающему и наиболее ответственному при формировании качественных и количественных показателей товарной продукции [1].

Решением вышеуказанной проблемы в настоящее время является разработка новых моделей прогнозирования октановых чисел, так как стадия прогнозирования является очень важной и влияет как на качество, так и на экономическую эффективность производства бензинов.

Современные автомобильные бензины представляют смеси компонентов, получаемых различными технологическими процессами. В бензинах в зависимости от углеводородного состава сырья и технологии синтеза может содержаться свыше 200 индивидуальных углеводородов различного строения, содержание которых, а также взаимодействие между собой определяют свойства бензина. Наличие большого числа вовлекаемых компонентов приводит к сложностям оптимизации процесса получения бензина. Для решения такой многофакторной и многокритериальной задачи оптимизации наиболее эффективным является использование метода математического моделирования на физико-химической основе.

Развитие производства бензинов связано со стремлением улучшить основное эксплуатационное свойство топлива – детонационную стойкость. Вместе с тем, основная трудность при расчете процесса компаундирования заключается в том, что детонационная стойкость не является аддитивным свойством.

В процессе приготовления бензинов смешением различных потоков определяющая роль отводится октановым числам смешения, которые отличаются от взвешенной суммы октановых чисел отдельных компонентов. Причиной отклонения является

наличие межмолекулярных взаимодействий между углеводородами, входящими в состав бензинов.

В данной работе рассматривается создание компьютерной моделирующей системы для производства высокооктанового бензина, которая учитывает межмолекулярные взаимодействия.

Таким образом, была создана математическая модель расчета октановых чисел, которая учитывает влияние дипольного момента на неаддитивность октановых чисел смешения, согласно которой октановое число смешения можно представить в виде суммы двух составляющих: аддитивной и неаддитивной [2].

Также на основе механизма действия присадок, который заключается в разрушении пероксидов, была разработана математическая модель процесса компаундирования, учитывающая влияние антидетонационных присадок на прирост октанового числа базового бензина.

При расчете детонационной стойкости бензиновых композиций учитываются октановые числа индивидуальных углеводородов, поэтому для точного расчета октановых чисел бензинов необходимо достоверное определение октановых чисел индивидуальных углеводородов, которые можно определить, рассчитав энергию разрыва связи С-С [3].

Квантово-химическими методами были проведены расчеты энергий диссоциации индивидуальных углеводородов в различных гомологических рядах.

Таблица 1 – Рассчитанные значения октановых чисел

углеводород	ИОЧ углеводорода		
	ИОЧ справочное	ИОЧ расчетное	Δ^*
н-пропан	105,7	115,66	9,96
н-бутан	93,6	86,32	7,28
н-пентан	61,7	51,27	10,4
н-гексан	20,00	16,9	3,1
н-гептан	0	0	0
н-октан	-15	-6,74	8,26
н-нонан	-20	-14,63	5,37
и-бутан	102,00	104,4	2,4

и-пентан	95,5	101,3	5,8
2-метил-пентан	73,4	62,22	11,2
2-метил-гексан	42,4	48,89	6,49
2-метил-гептан	21,7	22,11	0,41
3-метил-пентан	74,30	73,78	0,52
3-метил-гексан	52,00	51,86	0,14
3-метил-гептан	26,80	27,14	0,34
2,2-диметилбутан	91,80	91,6	0,2
2,2-диметилпентан	92,80	92,5	0,3
2,2-диметилгексан	72,50	73,0	0,5
2,4-диметил-пентан	83,1	83,05	0,05
2,4-диметил-гексан	65,2	65,22	0,02
2,4-диметил-гептан	64	64,03	0,03
циклопентан	101,00	101,15	0,15
метилциклопентан	91,30	91,24	0,06
этилциклопентан	67,20	67,12	0,08
толуол	116,00	116,0	0

По рассчитанным значениям были построены зависимости значений октанового числа от значений энергии разрыва связи и найдены уравнения для расчета характеристики детонационной стойкости индивидуальных углеводородов. Также в ходе работы были рассчитаны октановые числа потоков бензина с новым набором октановых чисел. Анализ результатов показал, что октановое число потоков на новом наборе стало ближе к эксперименту для семи потоков из одиннадцати. Далее с использованием разработанной методики расчета октановых чисел индивидуальных углеводородов были произведены расчеты различных рецептур компаундирования товарных бензинов, соответствующих экологическим стандартам.

На основе математической модели промышленного процесса компаундирования планируется создание пакета программ для производства высокооктановых бензинов.

Суть программы заключается в следующем. В отличие от зарубежных аналогов, наша программа учитывает межмолекулярные взаимодействия в смеси углеводородов, которые определяющим образом влияют на характеристики бензина, в частности на одну из наиболее важных – октановое число. Точно определив октановое число смешения каждого потока, можно оптимально рассчитать соотношение потоков, вовлекаемых в процесс смешения бензинов, что позволит снизить материальные затраты, а также позволит сэкономить временной ресурс и тем самым избежать вероятности получения некондиционных партий бензина.

В базу данных компьютерной моделирующей системы была заложена информация по октановым

числам индивидуальных углеводородов, входящих в состав бензина, которые были определены с учетом энергии диссоциации. Входными данными являются данные хроматографического анализа углеводородного состава потоков с нефтеперерабатывающих заводов.

Компьютерная система имеет 2 основных блока: блок расчета октановых чисел как отдельных потоков, так и их смеси с присадками и добавками, и блок расчета оптимального соотношения компонентов, удовлетворяющего выполнение заданного значения октанового числа бензина.

В данной работе рассмотрено создание пакета программ для производства высокооктановых бензинов, главным преимуществом которого является учет именно физико-химической сущности процесса, что в таком химически сложном процессе, просто необходимо.

Углеводородный состав компонентов высокооктановых бензинов не является постоянной величиной даже для одной и той же установки и изменяется в течение времени в зависимости от условий процесса и качества исходного сырья. Поэтому для оптимального проведения процесса смешения бензинов, а также с целью недопущения перерасхода высококачественных и дорогостоящих компонентов необходим оперативный расчет оптимальной и точной рецептуры смешения компонентов.

Отказ от традиционных рецептур смешения потоков, не учитывающих динамику изменения состава потоков и приводящих к увеличению использования дорогостоящих компонентов, позволяет получить положительный экономический эффект.

Список литературы:

1. О некоторых концептуальных проблемах модернизации нефтеперерабатывающей отрасли в России / М.И. Левинбук, В.П. Кочкиян, А.А. Штина // Технологии нефти и газа. - 2009. - №2. - с.3–11.
2. Учет интенсивности межмолекулярных взаимодействий компонентов смеси при математическом моделировании процесса компаундирования товарных бензинов / Ю.А. Смышляева, Э.Д. Иванчина, А.В. Кравцов, Ч.Т. Зыонг // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2010. - №9. - с. 9–14.
3. Орлов Ю.Д., Лебедев Ю.А., Сайфуллин И.Ш. Термохимия органических свободных радикалов. – М.: Наука.2001. – 304 с., ил.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ТЕХНОЛОГИИ СТРУКТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СРВ

Погребной Ан. В.

Научный руководитель: Погребной В. К., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: avpogrebnoy@gmail.com

Технология структурного моделирования разрабатывается как инструмент поддержки эволюционного подхода к проектированию распределённых (сетевых) систем реального времени (СРВ). В данной технологии основное внимание уделяется решению проблемы формализации процесса эволюционного проектирования СРВ. Исходный вариант модели разрабатывается в виде модульной структуры и визуально представляется в форме графа потока данных (ГПД) [1]. Модульная структура в форме ГПД отражает структуру отношений между модулями и данными. Для визуального представления ГПД, описания параметров модульной структуры и задания на ней параметров динамики функционирования системы разработан язык структурного моделирования (Structural Modeling Language – SML). Соответственно технология, разрабатываемая на основе языка SML, получила название SML-технологии.

В ходе исследований установлено, что в процессе эволюционного проектирования изменениям в основном подвержены параметры структурной составляющей семантики модели СРВ, например:

- условия поступления входных данных и обновления выходных;
- состав процессов и условия их запуска и взаимодействия;
- число станций вычислительной системы и подключение их к магистралям сети;
- размещение станций на топологическом поле и подключение к ним терминальных точек;
- распределение модулей и данных по станциям и магистралям;
- приоритеты запуска модулей и передач данных в сети;
- условия селекции состояний данных, полученных в разные моменты времени;
- времена выполнения модулей и ограничения на время выполнения процессов.

В итоге получается, что основные решения по построению, анализу, оптимизации и эволюции модели принимаются на структурном уровне визуального представления ГПД и выполняются с помощью методов и программных средств, составляющих SML-технологии. Можно сказать, что выполняя эволюционный поиск (подбирая параметры приемлемого варианта модели СРВ) SML-технология не «вмешивается» в содержание алгоритмов модулей, выполняющих прикладные функции СРВ, а оперирует с параметрами отношений между модулями и взаимодействиями с вычислительной системой.

Напротив, функциональная составляющая семантики модели в ходе эволюционного поиска, как правило, остаётся неизменной. Потребность в функциональных изменениях возникает в случае, если путём структурной эволюции не удастся получить модель, способную своевременно выполнить прикладные функции СРВ. Окончательная проверка работоспособности системы в SML-технологии осуществляется путём преобразования модели в активную форму (SML-программу) и выполнения её на виртуальной машине моделирования (ВММ).

Таким образом в основе SML-технологии лежит её способность последовательно выполнять циклы эволюции, каждый из которых включает анализ структурно-параметрической модели и внесение изменений, улучшающих характеристики модели. Этим в первую очередь и обусловлено введение термина «структурное моделирование» в название языка и технологии.

Следует особо отметить, что структурная параметризация модели СРВ позволила разработать рекуррентные уравнения, описывающие в матричной форме динамику функционирования модели системы на заданном интервале дискретного времени. Для этого введено четыре состояния модуля (пассивное, ожидание ресурса, ожидание ресурса после прерывания, выполнение) и разработаны функции переходов модулей из одного состояния в другое.

Уравнения динамики позволяют получать и визуально представлять расчётные траектории смены состояния модели СРВ в дискретном времени для различных значений структурных параметров. Предложено множество оценок качества расчётных траекторий, связанных с нарушением ограничений реального времени, ожиданием и очередями к ресурсам, загрузкой ресурсов, запаздыванием при потреблении данных. На основе этих оценок принимаются решения по изменению значений параметров и получению приемлемого варианта модели СРВ [2].

Приведённые выше самые общие сведения по SML-технологии дают некоторое представление о задачах, которые должна выполнять программная система поддержки этой технологии. На рисунке приведён укрупнённый состав и схема взаимодействия основных блоков SML-технологии.

Блочная схема SML-технологии представлена уровнями состояний, в которых может пребывать модель СРВ в ходе своего эволюционного развития. Функциональный уровень соответствует исходному состоянию в виде модульной структуры,

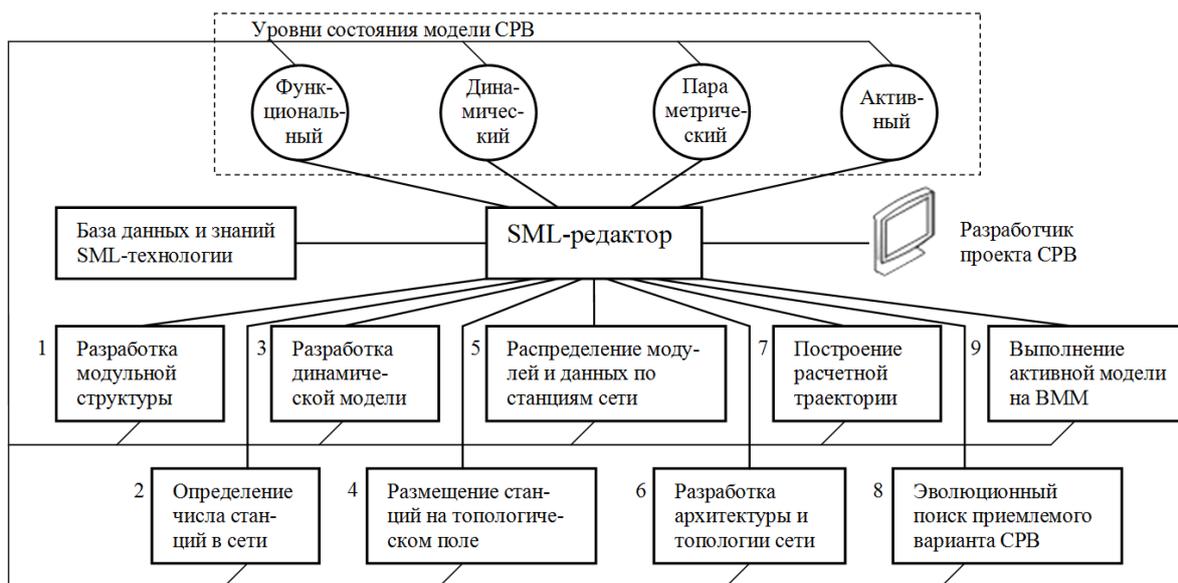


Рисунок. Блочная схема SML-технологии

представленной модулями-имитаторами агрегатов объекта управления и модулями, реализующими алгоритмы прикладных функций.

Динамический уровень представляет модель в виде совокупности параллельных взаимодействующих процессов реального времени, разработанных с учётом условий динамики функционирования объекта управления и вычислительной системы. Параметрический уровень соответствует описанию координат области поиска в пространстве вариантов модели СРВ и заданию точки в этой области, которая соответствует достигнутому варианту модели. Параметрический уровень используется уравнениями динамики при построении расчётной траектории функционирования СРВ для заданной точки в области вариантов.

Активный уровень соответствует представлению модели СРВ в форме SML-программы или ГПД-программы для выполнения на ВММ. При этом предполагается, что модули должны быть реализованы программно в качестве имитаторов для агрегатов объекта управления и программ для алгоритмов прикладных функций.

Основное содержание базы данных и знаний включает информацию по языку SML, правила трансформации и настройки модели, библиотеки и сведения о технических и программных средствах, используемых при проектировании СРВ. Важным фрагментом базы являются знания о правилах преобразования модели после принятия решений о внесении изменений. Например, для каждого параметра важно знать какие действия следует выполнить после его изменения, т.е. какие другие параметры потребуется подстроить.

Решение задач SML-технологии, представленных на рисунке в составе девяти функциональных блоков, производится как правило в интерактивном режиме под управлением SML-редактора. SML-редактор является ядром программной сис-

темы поддержки SML-технологии и, помимо функций визуального и текстового представления и редактирования модели, а также контроля соблюдения правил языка SML, реализует сценарий проектирования, предлагаемый разработчиком проекта на всех этапах построения, анализа, оптимизации и эволюции модели. Для отработки сценария SML-редактор привлекает необходимые блоки SML-технологии и при этом тесно взаимодействует с базой данных и знаний и с состоянием модели СРВ на соответствующем уровне.

SML-технология, как инструмент эволюционного проектирования сложных распределённых СРВ, нацелена на принятие решений системного уровня и предполагает использование традиционных методов проектирования в том числе систем SCADA [3]. С помощью SML-технологии удаётся легко пройти весь эволюционный путь проектирования, не втягивая в это, неприемлемо трудоемкое для традиционных методов проектирования, дело. Эти методы совместно с SML-технологией могут эффективно использоваться для программной реализации модулей рабочих мест оператора (SCADA-системы) и других прикладных функций проектируемой СРВ.

Список литературы

1. Погребной В.К. Автоматизированное проектирование распределённых систем реального времени. Учебное пособие для вузов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011 – 312с.
2. Погребной А.В., Погребной Д.В., Погребной В.К. Уравнения динамики функционирования СРВ, представленной на языке SML. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 120 с.
3. Чефранов А.Г., Троценко Р.В. Проектирование систем реального времени. Учебное пособие для вузов. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – 226 с.

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ТОКАМАКА КТМ

Покровский П.П., Кудрявцев В.А., Корчуганова Т.А.

Научный руководитель: Кудрявцев В.А.

Томский политехнический университет 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: ppp@tpu.ru

Сегодня человечество находится как никогда ближе к осуществлению управляемого термоядерного синтеза и получению дешевой и чистой энергии. Но для достижения этой цели необходим полноценный термоядерный реактор для создания, которого необходимо решить ряд проблем связанных с поиском материалов для элементов конструкции реактора и разработкой высокоэффективных алгоритмов управления параметрами плазмы.

Последняя проблема является особенно актуальной в виду специфики объекта управления, то есть высокотемпературной плазмы. Главной сложностью в управлении физическими процессами, протекающими, в плазме является большая скорость их протекания. Характерные времена протекания плазмо-физических процессов, как правило, составляют доли микросекунд.

Установка, о моделировании параметров которой пойдет речь в этой статье находится в г. Курчатове Восточно-Казахстанской области и называется Казахстанский токамак материаловедческий. Разработанная ранее модель моделирует одну из важнейших частей системы автоматизации эксперимента работу системы противоаварийной защиты (СПЗ) [1]. Данная система предназначена для контроля наиболее критичных с точки зрения целостности технологического оборудования и безопасности обслуживающего персонала параметров КТМ и предупреждения аварийных ситуаций. В случае же возникновения аварийных ситуаций СПЗ должна выполнять алгоритмы защитного воздействия, обеспечивающие перевод стендового комплекса в безопасное состояние и снижение последствий возможных аварий [1].

Первоочередную значимость как для управления установкой, так и в работе СПЗ, имеют системы выполняющие функции восприятия, измерения, обработки и передачи информации о состоянии плазмы и установки в целом. При этом большая часть информации диагностических систем используется в реальном масштабе времени. Так же для успешного решения задачи управления плазмой в термоядерных установках типа токамак, необходимо обеспечить получение первичной информации в адекватные циклу управления временные рамки, что в свою очередь, невыполнимо без использования современных высокопроизводительных структурных, аппаратных и программных решений [2].

В настоящее время для решения вышеупомянутой задачи ряд используемых методов могут быть существенно усовершенствованы за счет использования более сложных и ресурсоемких алгоритмов, выполнение которых возможно благодаря наличию совершенной вычислительной техники с учетом соответствующих режимов работы установки.

В результате исследования трудов авторов [1-7] и ряда других исследований в области оптимизации и управления быстропротекающими процессами были найдены и по мере возможности реализованы в созданной ранее модели [1] ряд решений, подходов и методов. При отладке модели упор делался на улучшение временных показателей работы модели и на точность получаемых данных.

Так же одним из ключевых моментов исследования является надежность разработанной системы. Не стоит забывать и о возможных ошибках, как в работе модели, так и в получаемых извне данных, с которыми работает модель. Для минимизации ошибок используют, следующие принципы:

- Предупреждение ошибок
- Обнаружение ошибок
- Исправление ошибок
- Обеспечение устойчивости к ошибкам

Но, как правило, применение этих принципов приводит к усложнению алгоритма функционирования, а, следовательно, и к увеличению времени затрачиваемого на его выполнение. Существуют и другие способы обеспечения и повышения надежности, так например:

- Усовершенствование технологии программирования (например, формальное описание этапов программирования при помощи языка UML, что уже частично использовалось в исходной модели)
- выбор алгоритмов, не чувствительных к разного рода нарушениям вычислительного процесса (то есть использование алгоритмической избыточности)

Применение вышеперечисленных принципов и способов многократно увеличит вероятность безотказной работы, но в свою очередь может оказать существенное влияние на время выполнения. На данном этапе был использован ряд принципов, повышающий надежность

существенного влияния на время выполнения замечено не было, но точно оценить эффективность внесенных изменений, позволит применение какой либо из моделей надежности. Например, модель надежности Миллса или более совершенная модель Липова. Использование этой модели предполагает необходимость перед началом тестирования искусственно вносить в программу (засорять) некоторое количество известных ошибок. Ошибки вносятся случайным образом и фиксируются в протоколе искусственных ошибок. Тестируя программу в течение некоторого времени, собирается статистика об ошибках. На основании, которой можно будет судить, насколько эффективны примененные методы.

Изначально алгоритм функционирования модели СПЗ создавалась с использованием расширения State flow пакета Simulink системы Matlab, но для реализации проектируемой системы на реальном объекте необходимо рассмотреть возможность переноса на одну из существующих программных платформ типа TRACE MOD или MasterSCADA. В виду того что ранее разработанная система автоматизации эксперимента токамака КТМ реализация которой предполагала использование SCADA системы TRACE MODE рационально было бы выбрать именно эту систему для реализации СПЗ. Согласно мнению авторов [3] TRACE MODE предоставляет все необходимое для реализации подобных систем. Конечно, не обойтись и без ряда трудностей, например, с интеграцией СПЗ в общий комплекс иерархией подсистем и прочие. Но прогресс не стоит на месте и SCADA системы постоянно совершенствуются, предлагая все новые и более широкие возможности для реализации различных систем.

Так же были рассмотрены возможности, как оптимизации существующего алгоритма, так и

создание нового альтернативного алгоритма функционирования системы, в случае несоответствия исходного требованиям, что станет известным после проверки системы на надежность. Рассмотрев, основные критерии надежности систем такого класса и, оценив методы повышения надежности, был внесен ряд поправок в исходный алгоритм программы. Это привело к значительному усложнению исходного кода на выполнение, которого требуется больше ресурсов и соответственно времени, что негативно сказывается на быстродействии системы. Для точной и достоверной оценки надежности системы необходимо создать и применить специальную модель надежности. Из рассмотренных более подходящей оказалась модель Липов. Полученные результаты по оценке надежности системы необходимо будет обработать с применением специальных методов. В конечном итоге можно будет сделать вывод о пригодности модели для применения на реальном объекте. В случае несоответствия требованиям оптимизировать или применить другие алгоритмы. Если спроектированная система пройдет, все тесты далее последует ее реализация на SCADA системе, как было установлено ранее с большой долей вероятности, это будет TRACE MODE.

На данном этапе моделирование СПЗ находится на заключительной стадии. В зависимости от результата проверки системы на надежность можно будет сделать вывод о пригодности системы и дальнейшей ее реализации.

Литература

1. П.П. Покровский, Т.А. Корчуганова, В.А.Кудрявцев. «Модель системы противоаварийной защиты токамака ктм». Труды международной научно-практической конференции, «Современные проблемы технической физики», 2011.
2. Е. А. Драпико. Разработка методов и средств реконструкции физических полей в термоядерной установке - токамак КТМ : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук : спец. Томск : Б.и., 2007. — 25 с. : ил..
3. В. К. Ясельский, К.И. Байструков, В.М. Павлов, Е.А. Драпико Адаптация SCADA-системы в структуре программного обеспечения системы автоматизации экспериментов на термоядерной установке КТМ. Известия Томского политехнического университета Томск., 2002. — Т. 305, вып. 3.
4. Азизов Э.А., Тажибаева В.С, Казахстанский материаловедческий токамак КТМ и вопросы термоядерного синтеза. – Алматы, 2006.- 236 с.
5. Арцимович Л.А., Сагдеев Р.З. Физика плазмы для физиков.-М.: Атомиздат, 1979.-320 с.
6. Кудрявцев В.А. Хренков С.Д., Байструков К.И. Алгоритмическое обеспечение системы синхронизации и противоаварийной защиты ТОКАМАКА КТМ. Труды международной научно-практической конференции «Современная техника и технологии», 2009.
7. Кудрявцев В.А., Мачалов О.Н. Разработка системы противоаварийной защиты токамака КТМ. Труды международной научно-практической конференции «Современные техника и технологии», 2011

ПСЕВДОЛИНЕЙНЫЕ КОРРЕКТИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Поправка Г.Н., Скороспешкин В.Н.

Научный руководитель: Скороспешкин В.Н., к.т.н., доцент
 Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
 E-mail: _jojo_89@mail.ru

Среди нелинейных устройств, используемых для коррекции свойств систем автоматического управления, выделяют класс устройств, эквивалентные амплитудно-фазовые частотные характеристики которых не зависят от амплитуды входного сигнала. Такие устройства принято называть псевдолинейными [1].

Наиболее широкое распространение нашли следующие псевдолинейные корректирующие устройства (ПКУ) [1].

- Корректирующие устройства с амплитудным подавлением.
- Корректирующее устройство с фазовым опережением.
- Корректирующее устройство с отдельными каналами для амплитуды и фазы.

В настоящей работе проанализированы свойства этих устройств, а также возможность придания им свойств адаптации.

Первоначально объект управления (ОУ) моделировался звеном третьего порядка с передаточной функцией (ПФ) вида:

$$W_0(s) = \frac{0.65 \cdot s + 0.5}{0.166 \cdot s^3 + 1.166 \cdot s^2 + 0.5 \cdot s + 1}$$

Исследование свойств ПКУ проводилось в среде MatLab (Simulink). Модель системы автоматического управления (САУ), состоящая из ПИД-регулятора, ОУ и единичной обратной связи, представлена на рисунке 1.



Рис.1. Система управления с объектом управления и ПИД-регулятором

Настройки регулятора были найдены с помощью стандартной функции PID tuning tool и соответственно равны: $K_p = 0.9$, $K_I = 0.75$, $K_D = 0.24$. На рисунке 2 представлена реакция системы на единичное ступенчатое воздействие. Реакция показывает, что в системе отсутствуют статическая ошибка и перерегулирование.

ПФ после влияния нестационарности на ОУ выглядит следующим образом:

$$W_1(s) = \frac{1}{15 \cdot s^2 + 6 \cdot s + 1}$$

На рисунке 3 представлена реакция САУ с ОУ после влияния нестационарности. Ранее настроенный ПИД-регулятор не справляется со своей задачей, процесс стал колебательным, перерегулирование составляет около 80%, время регулирования около 1000 секунд.

Модель САУ с ПКУ с амплитудным подавлением представлена на рисунке 4.

Меняя постоянную времени КУ следующим образом: $T=0,01с$ (кривая 1); $10с$ (кривая 2); $50с$ (кривая 3); $100с$ (кривая 4), получили семейство кривых переходного процесса на

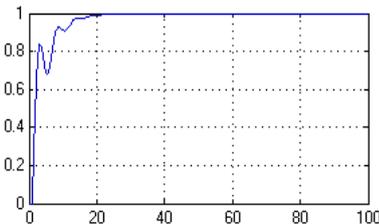


Рис.2. Реакция системы на единичное воздействие

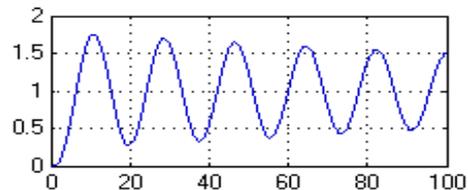


Рис.3. Переходный процесс после изменения ПФ ОУ в связи с нестационарностью

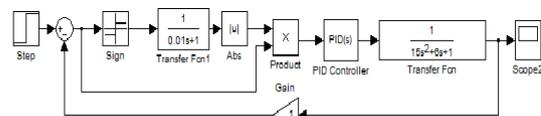


Рис.4. Схема САУ после введения корректирующего устройства с амплитудным подавлением

задающее ступенчатое воздействие, представленное на рисунке 5. С увеличением значения постоянной времени КУ уменьшается величина перерегулирования, увеличивается затухание и меняется быстродействие.

Модель САУ с ПКУ с фазовым опережением представлена на рисунке 6.

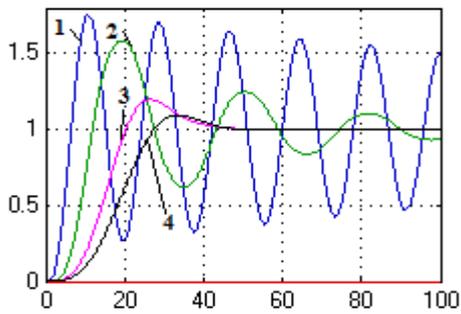


Рис. 5. Семейство переходных характеристик САУ с ПКУ с амплитудным подавлением

Меняя значение постоянной времени T корректирующего устройства, получили семейство кривых переходного процесса на задающее ступенчатое воздействие (рис. 7). Кривые 1,2,3,4 соответствуют значениям постоянной времени корректирующего устройства $T = 0,5с; 2с; 4с; 10с$. Таким образом, при увеличении значения T корректирующего устройства, переходный процесс меняется из колебательного в аperiodический, уменьшается время регулирования.

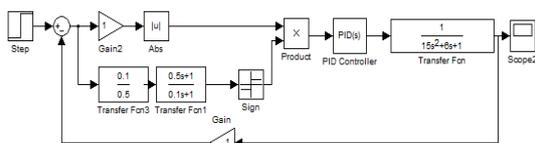


Рис. 6. Схема САУ с корректирующим устройством с фазовым опережением

Модель САУ с ПКУ с разделенными каналами для амплитуды и фазы представлена на рисунке 8. Семейство кривых переходного процесса на задающее ступенчатое воздействие представлено на рисунке 9. Кривая 1 соответствует значениям параметров $T=0,1с, T_2 =0,01с$, кривая 2 соответствует значениям параметров $T= 0,1с, T_2 =30с$, кривая 3 соответствует значениям параметров $T =10с, T_2 =0,01с$, кривая 4 соответствует значениям параметров $T=5с, T_2 =10с$. Таким образом, характер кривых переходного процесса САУ существенно зависит от времени T и T_2 корректирующего устройства. С увеличением значений постоянных времени T и T_2 КУ уменьшается величина перерегулирования, увеличивается затухание и меняется быстродействие системы.

Анализ псевдолинейных корректирующих устройств с фазовым опережением, амплитудным подавлением и разделенными каналами для амплитуды и фазы позволяет сделать вывод, что подстраивая постоянные времени определенным образом, можно значительно улучшить качество переходного процесса САУ, добиться устойчивости и снизить перерегулирование. Это позволяет реализовать такие системы как адаптивные, в которых параметры настройки регулятора не меняются, а осуществляется подстройка значений постоянных времени корректирующего устройства.

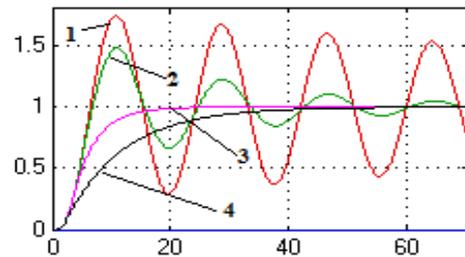


Рис. 7. Семейство переходных характеристик САУ с ПКУ с фазовым опережением

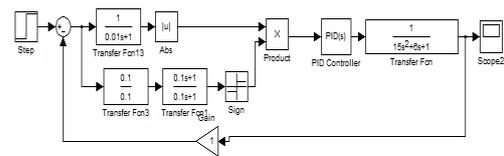


Рис. 8. Схема САУ с корректирующим устройством с разделенными каналами для амплитуды и фазы

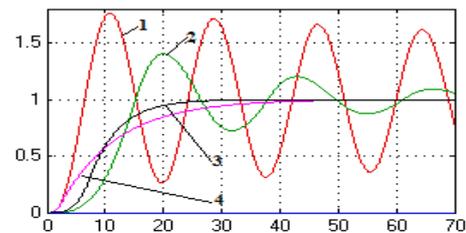


Рис. 9. Семейство переходных характеристик САУ с ПКУ с разделенными каналами для амплитуды и фазы

Список литературы

1. Топчиев Ю.И. Нелинейные корректирующие устройства в системах автоматического управления. М.: Изд. Машиностроение, 1971.

СОЗДАНИЕ ТРЕНАЖЕРА ПО РАСШИФРОВКЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ

Присакарь А.В.

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

В настоящее время идет крупномасштабное внедрение информационных технологий в области медицины. Этот процесс сопровождается существенными изменениями в медицинской теории и практике, связанными с внесением корректив к подготовке медицинских работников. Главной целью медицинских информационных систем (МИС) является комплексное решение проблем сбора и анализа информации, а также задач управления лечебно-профилактической и финансовой деятельностью учреждения [1].

В стандарте используется функциональная классификация информационных систем (ИС), согласно которой выделено пять функциональных классов ИС:

1. Медико-технологические ИС
2. Информационно-справочные системы
3. Статистические ИС
4. Научно-исследовательские ИС
5. Обучающие ИС

Обучающие ИС предназначены для информационного обеспечения процессов обучения в медицинских учебных заведениях. В зависимости от реализуемых ими педагогических принципов оценки уровня усвоения знаний они подразделяются на следующие виды:

- обучающие ИС по принципу «вопрос-ответ», контролирующие знания по ответам учащихся на вопросы системы, выбранным из числа возможных вариантов;
- обучающие ИС, предоставляющие знания в виде электронных учебных курсов и учебных пособий и контролирующие усвоение знаний по принципу «вопрос-ответ»;
- обучающие ИС, основанные на базах знаний и содержащие сведения о методах решения задач, в том числе экспертные системы, системы логического вывода [1].

В докладе рассмотрены проблемы создания программного обеспечения для обучающих МИС. К программному обеспечению относятся математические методы обработки медико-биологической информации, алгоритмы и собственно программы, реализующие функционирование всей системы.

Одним из самых распространенных и эффективных методов исследования динамики сердца и диагностики режима его функционирования является анализ электрокардиограммы. Несмотря на появление дорогостоящих и сложных кардиологических тестов, электрокардиография остается наиболее

надежным инструментальным методом для подтверждения многих диагнозов [2-3].

Электрокардиограмма (ЭКГ) – это графическое отображение (регистрация) прохождения электрического импульса по проводящей системе сердца. Прохождение импульса по проводящей системе сердца графически записывается по вертикали в виде пиков-подъемов и спадов кривой линии. Эти пики принято называть зубцами электрокардиограммы и обозначать латинскими буквами *P*, *Q*, *R*, *S* и *T*. Помимо регистрации зубцов, на электрокардиограмме по горизонтали записывается время, в течение которого импульс проходит по определенным отделам сердца [2].

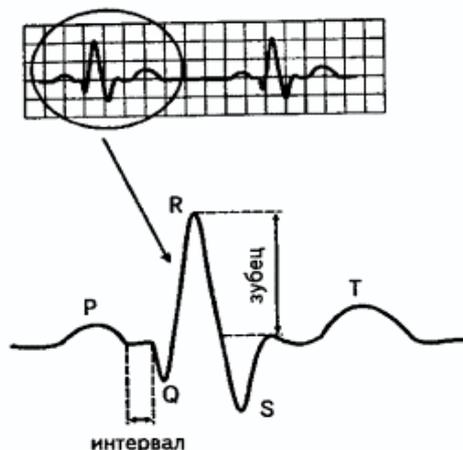


Рис. 1. Лента ЭКГ: зубцы и интервалы

При анализе ЭКГ придерживаются строгой последовательности:

- Ритм сердца и частота сердечных сокращений
- Интервалы, отражающие проводимость
- Электрическая ось сердца (ЭОС)
- Описание комплексов QRS
- Описание сегментов ST и зубцов T

Каждый врач должен уметь читать электрокардиограмму. Поэтому целью данного проекта является создание тренажера, который позволит тренироваться расшифровывать электрокардиограммы в виртуальной среде. Тренажер должен помочь студентам медицинских вузов, медперсоналу и врачам-кардиологам компетентно расшифровывать ЭКГ. Он позволит укрепить имеющиеся знания, в связи с чем, уменьшит риск неправильного диагноза.

Приложение, предназначенное для проведения тестирования должно соответствовать ряду требований:

1. Интуитивно понятный, логичный интерфейс
 2. Быстрое получение результатов тестирования
 3. Возможность сохранения результатов
 4. Возможность включения теста в структуры более высокого уровня
- Последнее требование определяет необходимость выполнения программы в виде отдельного модуля, с использованием методов объектно-ориентированного программирования[4].

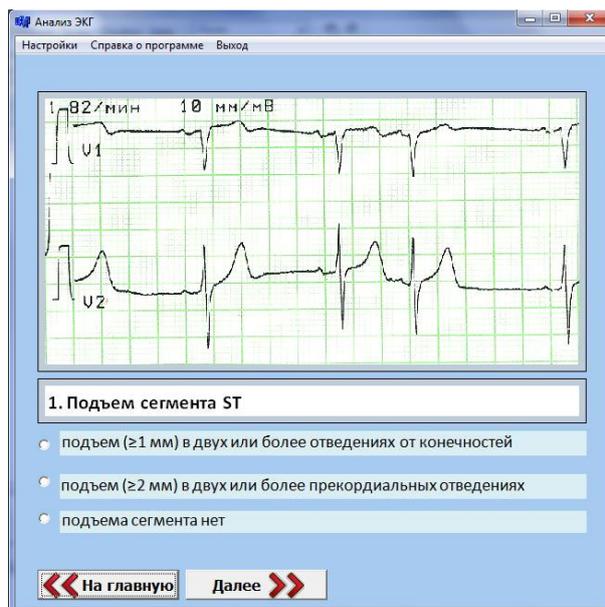


Рис. 2. Интерфейс приложения

Листинг 1. Интерфейс структуры Info.
struct Info

```
{
    AnsiString FIO; // ФИО пользователя
    int CountQuest; // количество вопросов
    int CountHelp; // количество подсказок
    int CountRight; // количество правильных
ответов
    int CountUnRight; // количество неправильных
ответов
    float Result; // результат
};
```

Листинг 2. Интерфейс класса Test.

```
class Test
{
protected:
    Info List; // структура с информацией
public:
    Test(AnsiString aFIO); // конструктор
    ~Test(); // деструктор
    int GetCount(); // вернуть количество узлов
в тесте
    void Quest(int); // загрузить вопросы и
варианты ответов
    void Help(int); // загрузить подсказки
```

```
void IncUA(char CountUP); // добавление к
ответам пользователя символа «1» или «0»
int GetCountRA() {return CountRA;} //
вернуть кол-во правильных ответов
void CalcResult(); // подсчет результата
тестирования
void PutResultInFile(char *); // запись
результата тестирования в файл
void PutResult(int m); // вывод результата на
экран
};
```

Предлагается следующий сценарий: после запуска приложения пользователю предоставляется возможность выхода, получения информации о программе, об авторе и перехода к анализу ЭКГ.

При выборе пункта «Анализ ЭКГ» открывается окно регистрации, пользователь регистрируется, после чего переходит в окно тестирования. Случайным образом загружается изображение электрокардиограммы, которую необходимо расшифровать, отвечая на поставленные вопросы.

В системе реализована система подсказок, при неверном ответе пользователю будет предоставлена возможность прочитать информацию по данному вопросу, «освежить знания», причем данную функцию можно включать и отключать по желанию. После завершения тестирования, на экране выводится результат, и открывается окно с отчетом (для анализа действий пользователя).

Несмотря на кажущуюся простоту алгоритма, процесс анализа ЭКГ достаточно трудоемкий. Необходимо проанализировать типы изменений зубцов, сегменты, выявить патологии, если они есть, и уже после поставить диагноз, которых имеется достаточно большое количество.

Планируется внедрение системы в опытную эксплуатацию в городской больнице №3 г. Томска.

Список литературы:

1. Назаренко Г.И., Гулиев Я.И., Ермаков Д.Е. Медицинские информационные системы: теория и практика / Г. И. Назаренко, Г.С.Осипова. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 320 с.
2. Павлова О.Н., Павлов А.Н. Регистрация и предварительная обработка сигналов с помощью измерительного комплекса МР100: Учеб. пособие для студ. физ. фак. / О.Н.Павлова, А.Н.Павлов. - Саратов: Научная книга, 2008. 80 с.
3. Хан М.Г. Быстрый анализ ЭКГ: Бином, 1999. 285 с.
4. Архангельский А.Я. С++ Builder 6 Справочное пособие. Книга 2. Москва: Бином, 2002. 521 с.

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗАДАННОЙ СТЕПЕНИ АПЕРИОДИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

Пушкарев М.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30

E-mail: pushkarev@tpu.ru

Введение

Известно достаточно большое число работ, посвященных синтезу линейных систем автоматического управления (САУ), где методы синтеза основаны на оптимизации системы по различным критериям. Важной задачей, решаемой при проектировании САУ, является обеспечение требуемого качества переходных процессов, которое зависит от расположения полюсов замкнутой системы. При этом известно, что динамические свойства системы определяются главным образом ее доминирующими полюсами [1]. Для стационарной системы решение задачи размещения доминирующих полюсов в заданных точках комплексной плоскости рассматривается в работах [2,3].

Анализ методов синтеза САУ показывает, что для выбора настроек регулятора желательно иметь простые аналитические или графические зависимости, позволяющие легко перейти от показателей качества САУ к искомым параметрам регулятора. В работах [4] показано, что задача параметрического синтеза регулятора достаточно просто решается при использовании коэффициентных методов, основанных на показателях устойчивости и колебательности.

Постановка задачи

Существуют реальные САУ, к которым предъявляются высокие требования к динамическим характеристикам: ограничение на допустимое перерегулирование, время регулирования, а также недопустимость наличия колебаний в переходных процессах. В этом случае принято говорить об апериодичности переходной характеристики. Апериодический характер переходного процесса можно обеспечить доминантным расположением ближайшего к мнимой оси вещественного корня [5]. Для достижения заданного условия необходимо границы областей локализации корней характеристического полинома системы расположить специальным образом (рис. 1),

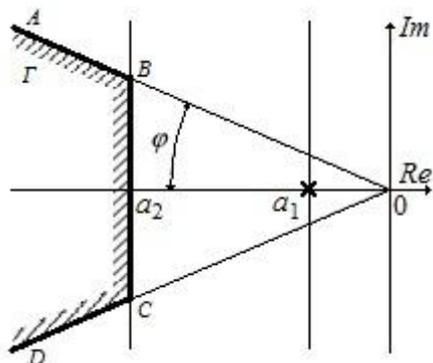


Рис. 1. Область локализации корней

где $\alpha_1 = \alpha^*$ - вещественный доминирующий корень (обеспечивающий степень апериодической устойчивости системы), а остальные корни располагаются в усеченном секторе ABCD, ограниченном углом $\pm\varphi$, и вертикальной прямой, проходящей через точку α_2 . Располагать корни системы в усеченном секторе предлагается согласно методике [6], основанной на коэффициентных оценках показателей качества системы.

Таким образом, система регулирования, рассчитанная по критерию заданной степени апериодической устойчивости, обеспечивает высокую степень затухания и сохраняет работоспособность при возможном изменении динамики объекта.

Рассмотрим систему автоматического управления с последовательно расположенными регулятором и объектом управления, охваченными отрицательной обратной связью. Характеристический полином такой системы имеет вид:

$$P s = \sum_{i=0}^n p_i s^i, \quad (1)$$

где p_i - коэффициенты, которые являются функциями параметров объекта управления и настроек регулятора.

Задача исследования заключается в определении значений настроечных параметров регулятора, обеспечивающих заданную степень апериодической устойчивости системы (желаемый доминирующий корень) и расположение оставшихся свободных корней в усеченном секторе на необходимом удалении ($\alpha_2 = (5 \div 10)\alpha_1$) от доминирующего корня. Сектор образован вертикальной прямой, проведенной через точку $-\eta, j0$, $0 < \eta < \infty$, где $\eta = \alpha_2$, и лучом, проведенным из начала координат под углом $\pm\varphi$.

Методика синтеза регулятора

При проектировании САУ важно не только получить устойчивую систему, но и гарантировать в ней определенное качество функционирования. Для обеспечения в системе желаемой степени апериодической устойчивости необходимо зафиксировать ближайший к мнимой оси вещественный корень системы в точке, обеспечивающей желаемую степень апериодической устойчивости системы и, соответственно, переходный процесс определенной длительности без перерегулирования.

Пусть задан доминирующий вещественный корень $s_1 = -\alpha^*$. Он является решением заданного доминирующего полинома $Q(s) = s + \alpha^*$. Далее необходимо получить свободный полином $A(s)$ путем деления полинома (1) на полином $Q(s)$. В результате имеем выражение $P(s) = Q(s)A(s) + R(s)$, где $R(s)$ - остаток от деления, который должен быть равен 0 ($R(s) = 0$).

Для обеспечения принципа доминирования корней системы необходимо удалить область Γ свободных корней от доминирующего корня $s_1 = -\alpha^*$ на требуемое расстояние η . Для этой цели предлагается использовать описанную в [5] методику синтеза линейного регулятора, основанную на достаточных условиях заданной степени устойчивости:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{a_{i-1}a_{i+2}}{a_i - a_{i+1} \quad n-i-1 \quad \eta \quad a_{i+1} - a_{i+2} \quad n-i-2 \quad \eta} < \lambda^*; \\ a_i - a_{i+1} \quad n-l-1 \quad \eta \geq 0, \quad l = \overline{1, n-1}; \\ a_0 - a_1\eta + \frac{2a_2\eta^2}{3} \geq 0; \\ \delta_i = \frac{a_i^2}{a_{i-1}a_{i+1}}, \quad i = \overline{1, n-1}. \end{array} \right. \quad (2)$$

Систему неравенств (2) необходимо преобразовать к системе вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{a_{i-1}a_{i+2}}{[a_i - a_{i+1} \quad n-i-1 \quad \eta][a_{i+1} - a_{i+2} \quad n-i-2 \quad \eta]} = \lambda^*, \\ i = \overline{1, n-2}; \\ \frac{a_{i-1}a_{i+2}}{[a_i - a_{i+1} \quad n-i-1 \quad \eta][a_{i+1} - a_{i+2} \quad n-i-2 \quad \eta]} < \lambda^*, \\ j = \overline{1, n-2}, \quad j \neq i; \\ a_i - a_{i+1} \quad n-l-1 \quad \eta \geq 0, \quad l = \overline{1, n-1}; \\ a_0 - a_1\eta + \frac{2a_2\eta^2}{3} \geq 0; \\ \frac{a_i^2}{a_{i-1}a_{i+1}} \geq \delta^*, \quad i = \overline{1, n-1}, \end{array} \right. \quad (3)$$

где $\lambda^* \approx 0,465$ - показатель устойчивости; η - степень устойчивости; a_i, a_l - коэффициенты свободного полинома, δ^* - показатель колебательности.

На следующем этапе необходимо выразить все параметры регулятора относительно какого-либо искомого и $(n-2)$ раз решить систему уравнений (3), определяя искомым параметр регулятора и затем, путем подстановки вычислить оставшиеся значения настроек.

Числовой пример

Пусть задан объект управления с передаточной функцией:

$$W_{ov}(s) = \frac{1}{d_3s^3 + d_2s^2 + d_1s + d_0},$$

где $d_0 = 1, d_1 = 0,1, d_2 = 0,03, d_3 = 0,00005$.

Необходимо найти параметры регулятора

$$W_p(s) = \frac{k_2s^2 + k_1s + k_0}{s},$$

обеспечивающие степень аperiodической устойчивости $\alpha^* = 2$ и расположение области Γ свободных корней на расстоянии $\eta=12$ и углу $\pm\varphi=30^\circ$.

В ходе решения формируем заданный доминирующий полином $Q(s) = s + 2$. Выражаем $k_0(k_1, k_2) = 1,84 + 2k_1 - 4k_2$. Пусть $k_0 = 10$, отсюда выражаем $k_2(k_3) = 4,08 + 2k_3$. Находим свободный полином $A(s) = 0,00005s^3 + 0,03s^2 + (0,04 + k_3)s + 5$. И, далее, на основании (3), определяем значения настроечных параметров регулятора, обеспечивающих расположение свободных корней в заданной области: $k_1 = 5,48, k_3 = 0,7$.

Проверка результатов синтеза проводится путем определения корней характеристического уравнения синтезированной системы $\alpha_1 = -2, \alpha_{2,3} = -12,778 \pm 3,376j, \alpha_4 = -572,444$. Результат проверки показывает, что область локализации свободных корней располагается в заданном секторе.

Литература

1. Райцын Т.М. Синтез систем автоматического управления методом направленных графов. – Л.: Энергия, 1970. – 96 с.
2. Скворцов Л.М. Интерполяционный метод решения задачи назначения доминирующих полюсов при синтезе одномерных регуляторов // Известия РАН. Теория и системы управления. – 1996. – № 4. – С. 10–13.
3. Вадутов О.С., Гайворонский С.А. Решение задачи размещения полюсов системы методом D-разбиения // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2004. – № 5. – С. 23–27.
4. Татаринов А.В., Цирлин А.М. Задачи математического программирования, содержащие комплексные переменные, и предельная степень устойчивости линейных динамических систем // Известия РАН. Сер. Теория и системы управления. 1995. № 1. С. 28–33.
5. Воронов А.А. Теория автоматического управления, ч.1 / А.А. Воронов // – М.: Высш. шк., 1968, 367 с.
6. Пушкарев М.И., Гайворонский С.А. Параметрический синтез ПИ-регулятора линейной САУ на основе коэффициентных оценок степени устойчивости и заданной добротности // Известия ТПУ 2012 – №5 – Т. 320. – С. 85–89

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ПАТЕНТОВ И ЛИЦЕНЗИЙ ЮТИ ТПУ

Рахимов И.Р.

Научный руководитель: Важдаев А.Н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: ildar_rakhimov@bk.ru

В современном обществе, для успешной деятельности предприятия, необходимо владеть качественной, оперативной и достоверной информацией. Раньше эта работа занимала много времени, была утомительной и не исключала ошибки в ходе обработки информации. Теперь на помощь приходят программные продукты, которые помогают ускорить и автоматизировать работу сотрудников, а также исключить вероятность появления ошибок. Примером такой автоматизации является деятельность отдела Юргинского технологического института томского политехнического университета. Для оперативной и эффективной работы разработан данный проект, целью которого является – создание информационной системы для учета патентов и лицензий ЮТИ ТПУ.

Данный проект разработан, основываясь на потребности в программных продуктах для автоматизации деятельности научного отдела ЮТИ ТПУ.

Цель создания информационной системы (ИС) по хранению и учету патентов и лицензий Юргинского Технологического Института Томского Политехнического Университета (ЮТИ ТПУ). Данная информационная система позволит автоматизировать процесс по сбору и хранению информации о патентах в разрезе различных критериев, сделает работу пользователей более быстрой и удобной, сэкономят время и ресурсы ЮТИ ТПУ.

Информационный анализ предметной области и построение концептуальной модели

Моделирование является обязательной частью исследований и разработок, неотъемлемой частью нашей жизни, поскольку сложность любого материального объекта и окружающего его мира бесконечна вследствие неисчерпаемости материи и форм её взаимодействия внутри себя и с внешней средой.

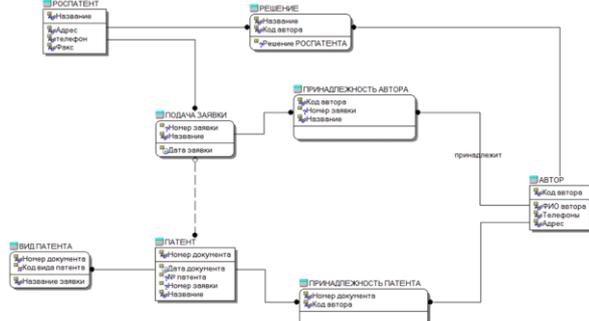


Рис. 1. Концептуальная модель

В результате своей работы система будет выдавать следующую выходную информацию:

1. Отчет о заявках на патенты
2. Отчет о состоянии заявок
3. Количественный учет по видам патентов по разным критериям (кафедры, авторы и т.п.)

Разработка программного обеспечения в системе 1С

Для функционирования любой программы необходимо создать ряд объектов информационной системы. В данном случае это константы, справочники, документы, журналы документов, перечисления, отчеты, и др.

Рассмотрим справочники, созданные в системе:

1. Справочник «Авторы» - предназначен для хранения информации об авторах.

Для работы со справочником необходимо заполнить следующие реквизиты:

- Код – код автора, присваивается автоматически;
- Наименование – ФИО автора, вводится вручную;

Наименование	Код
Вышние сотрудники	000000017
Кафедра АИ	000000022
Кафедра БЖД и ФВ	000000014
Кафедра ГОИЯ	000000027
Кафедра ГШО	000000013
Кафедра ЕНО	000000020
Кафедра ИС	000000026
Кафедра МИГ	000000024
Кафедра М-М	000000023
Кафедра СП	000000015
Кафедра ТМС	000000025
Кафедра ЭАСУ	000000021
Стороны личности	000000073
Студенты	000000016

Рис. 2. Справочник «Авторы»

2. Справочник «Интеллектуальная собственность» - предназначен для хранения информации о названии собственности, индивидуального номера, даты, номера заявки и номера патента.

Справочник имеет иерархическую структуру, т.е. элементы справочника подразделяются на группы.

Для работы со справочником необходимо заполнить следующие реквизиты:

- Код
- Наименование – Название изобретения;
- Родитель – год;
- Полное название

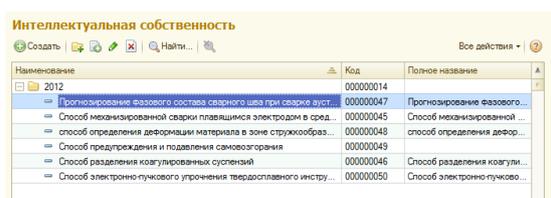


Рис. 3. Справочник «Интеллектуальная собственность»

3. Справочник «Этапы Делопроизводства» - предназначен для хранения информации о вынесении решений о выдаче патента.

Для работы со справочником необходимо заполнить следующие реквизиты:

- Наименование
- Код

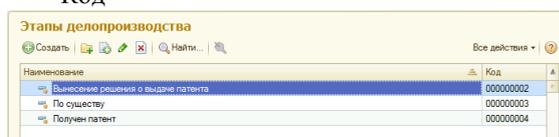


Рис. 4. Справочник «Этапы Делопроизводства»

4. Документ «Делопроизводство» - предназначен для создания данных о патенте и его обладателях.

При создании нового документа необходимо задать ряд реквизитов:

- Номер документа, вводится автоматически;
- Дата документа, поле имеет кнопку выбора или значение вводится автоматически;
- Вид интеллектуальной собственности, выбирается из трех видов: полезная модель, программная разработка и изобретение.
- Стоимость, вводится вручную.
- Номер заявки присвоенный ФИПС.
- Номер патента.
- Событие, заполняется вручную из перечня предложенных данных.
- Входящая плата, выбирается дата.
- Входящий номер.
- Авторы, выбираем из предложенного нам списка.
- Этап охраны патента, также выбираем из предложенного нам списка.

5. Регистр сведений «Этапы» - предназначен для хранения данных о этапах делопроизводства.

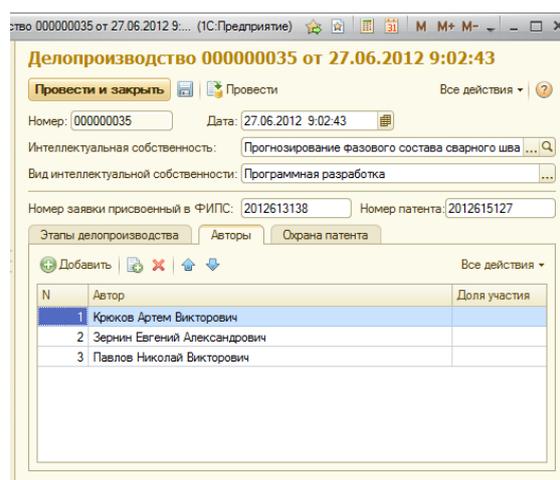


Рис. 5. Документ «Делопроизводство»

В ходе работы над проектом была описана предметная область, создана ER-модель, на основании которой была разработана конфигурация на платформе «1С:Предприятие 8.2».

Созданная конфигурация 1С: Предприятие данной предметной области позволила автоматизировать работу по учету интеллектуальной собственности в ЮТИ ТПУ. В конфигурации были созданы справочники, документы и механизмы отчетов, позволяющие оптимально вести производственную деятельность.

По результатам работы было написано 3 статьи, получено 3 сертификата, готовится заявка на регистрацию в Роспатенте.

В будущем программа может быть доработана, а именно возможность авторов создавать заявки прямо в программе, интеграция с сайтом Роспатента и другое.

Список использованных источников

1. А.Н. Важдаев Методические указания по дисциплине «Технология разработки программного обеспечения» по выполнению курсового проекта для студентов специальности 610302 «Прикладная информатика (в экономике)». – Юрга: Изд. ЮТИ ТПУ, 2006. – 44 с.
2. А.Н. Важдаев Технология создания информационных систем в среде 1С:Предприятие: учебное пособие / А.Н. Важдаев. – Юрга: Издательство Юргинского технологического института (филиал) Томского политехнического университета, 2007. – 132 с.
3. <http://www.1c.ru/>

РАЗРАБОТКА X-WALKER QUADRUPED ROBOT ПЛАТФОРМЫ

Д.Н. Репин

Научный руководитель: И.А. Тутов

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: tyubis@mail.ru

Двадцатый век запомнился нам как век великих открытий в области науки и техники. Использование передовых достижений в этих областях позволило повысить эффективность и качество производственных процессов. С точки зрения истории, техническая революция может рассматриваться как последовательность ярко выраженных этапов развития. Первый этап этого процесса можно было бы охарактеризовать словом "механизация"; ключевым фактором на этом этапе было использование механизмов и машин. С технической точки зрения, автоматизация может рассматриваться как последний этап промышленной революции. На этом этапе помимо станкостроения бурно развивается робототехника во всех сферах человеческой деятельности.

Процесс роботизации затронул и такую специфическую область как обеспечение общественной безопасности: вот уже более 20 лет в арсенале спецслужб и полицейских подразделений находятся мобильные роботы и робототехнические комплексы. Мобильный робот, по своей сути, является роботом с обратной связью. Обратная связь выражается в наличии датчиков, благодаря которым он ориентируется в пространстве и исполняет заложенные в него алгоритмы. Такие наземные роботы по типу перемещения подразделяются на колёсные, гусеничные, шагающие и другие.

Разработанная платформа X-walker quadruped robot показанная на рис. 2, по типу перемещения относится к шагающим роботам [1].

X-walker quadruped – это четвероногий робот на базе платформы Arduino Uno в основе которого лежит микроконтроллер ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы широтно-импульсной модуляции [ШИМ]), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки [3].

В X-walker quadruped задействованы все 14 цифровых вход/выходов, 12 из которых зарезервированы за сервоприводами, которые находятся в сочленении кинематических пар конечностей робота. Выбор сервоприводов (Micro 9g Servo) неслучаен. Данная модель обладает большим крутящим моментом, это порядка 1,5 кг·см, при сравнительно невысокой цене.

Каждая конечность робота состоит из 3 вращательных кинематических пар 5 класса [2] рис. 3. Для прямой задачи кинематики, согласно методу Денавита-Хартенберга, конечные

координаты перемещения «стопы» робота в абсолютной системе координат определяется как произведение двух матриц перемещения и матрицы направляющих косинусов общего вида:

$$\begin{bmatrix} R_x \\ R_y \\ R_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R'_x & l_x \\ R'_y & l_y \\ R'_z & l_z \end{bmatrix} - \text{матрица перемещения;}$$

где R_x, R_y, R_z – конечные координаты рассматриваемого сочленения кинематической пары в абсолютной системе координат;

R'_x, R'_y, R'_z - начальные координаты сочленения кинематической пары в абсолютной системе координат; l_x, l_y, l_z , - величина линейных перемещения сочленения кинематической пары в абсолютной системе координат.

$$\begin{bmatrix} \cos(x'^x) & \cos(x'^y) & \cos(x'^z) \\ \cos(y'^x) & \cos(y'^y) & \cos(y'^z) \\ \cos(z'^x) & \cos(z'^y) & \cos(z'^z) \end{bmatrix}$$

– ортонормированная матрица направляющих косинусов;

где x', y', z' - координаты преобразования поворота; x, y, z – координаты в абсолютных осях.

Управляющее воздействие сервоприводом формируется при помощи ШИМ. Каждые 20 мс подается импульс, ширина которого кодирует заданный угол поворота. Импульс шириной 1 мс обычно соответствует крайнему левому положению, а 2 мс - крайнему правому. Промежуточные положения кодируются импульсами шириной от 1 до 2 мс, к примеру, центральному положению соответствует импульс 1.5 мс. В некоторых случаях возможно небольшое расширение диапазона заданием импульсов меньше 1мс или больше 2мс.

Программно движение конечностей задаётся классами (front right leg, front left leg, back left leg, back right leg), каждый из которых включает в себя алгоритмы управления для 3 сервоприводов. Выбор того или иного алгоритма управления зависит от показаний ультразвукового датчика Ultrasonic Module HC-SR04 Distance Measuring Transducer Sensor, стоящего в обратной связи. (рис.1). Преобразователь посылает пакет звуковых импульсов и преобразовывает импульс эха в напряжение. Интегрируемый контроллер вычисляет расстояние по времени эха и скорости звука.



Рис. 1. Ultrasonic Module HC-SR04

Конструкция робота позволяет преодолевать препятствия высотой до 20 см, что является преимуществом перед колёсными мобильными роботами. Крайнее положение конечности описывается сектором в 210° и радиусом равным 22 см. Установка дополнительной периферии, такой как видеочамера, 3-хосный акселерометр, wi-fi модуль позволят роботу быть более устойчивым и передавать видеоизображение на ПК. В такой комплектации можно эксплуатировать робота на завалах шахт по добыче полезных ископаемых, разрушенных строительных объектах и др., с целью поиска пострадавших, оценки состояния несущих конструкций. Прочностные характеристики платформы определяются выбранными для сборки

материалами. Сегменты конечностей выполнены из тонколистовой нержавеющей стали толщиной 0,1 см, основная платформа состоит из 2-ух площадок ДВП 18·18 см.

На текущий момент времени была изготовлена платформа X-walker quadruped, разработаны алгоритмы ориентации робота в пространстве и написано соответствующее ПО. В дальнейшем будет выполнена доработка представленной конструкции, замена микроконтроллера, установка дополнительной периферии для улучшения устойчивости платформы.

Список литературы:

1. Юревич Е.И. Основы робототехники 2-ое издание // БХВ-Петербург, 2005г. - 203 стр.
2. И.И. Артоболевский. Теория механизмов и машин: Учеб. для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. //М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988г. -640 стр.
3. Официальный сайт Arduino [Электронный ресурс]. URL: <http://arduino.cc> Режим доступа: свободный (дата обращения: 19.12.2012)
4. Уилли Соммер. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino. //Санкт – Петербург, 2012г. – 256с.

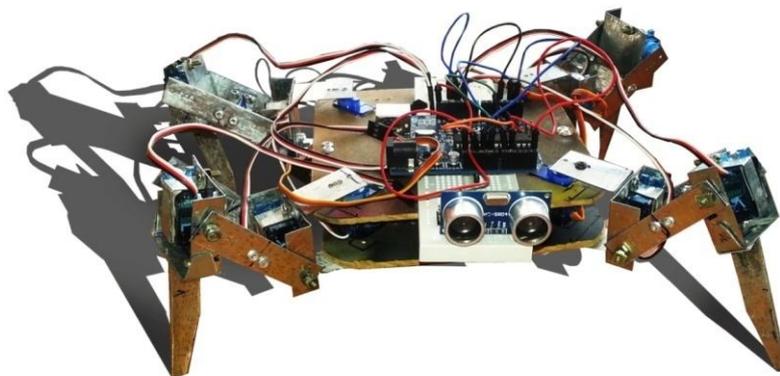


Рис.2. Платформа X-walker quadruped

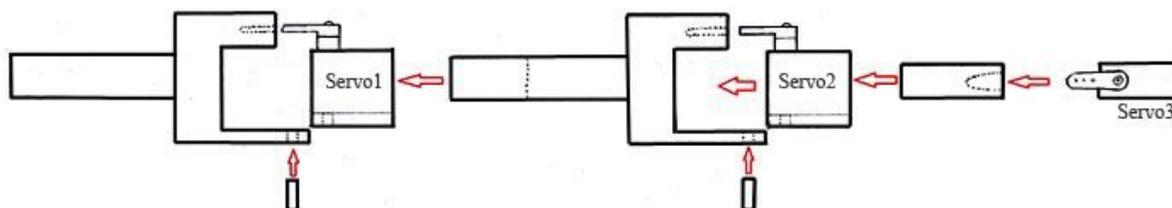


Рис. 3. Схема образования кинематических пар

СОЗДАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Рудь М.Н., Дусеев В.Р.

Научный руководитель: Мальчуков А.Н., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: rudmax13@gmail.com

Введение

В настоящее время одной из задач, решаемых информационным обществом, является задача наглядной визуализации различных данных с использованием современных достижений науки и техники. Если в процессе получения человеком знаний задействуется не только его слуховая система, но и кинестетическая и визуальная, усвоение новой информации происходит гораздо продуктивнее. Одним из решений подобной задачи является создание таких технических систем, взаимодействие с которыми предоставляет человеку возможность получать информацию в интерактивном режиме, подключая к процессу все системы восприятия.

Создание интерактивной песочницы

Одна из технических систем подобной направленности была создана командой проекта «Интерактивные системы дополненной реальности» для музея занимательных наук г. Томска весной 2012 года. Данная установка представляет собой емкость, наполненную материалом, на который должно проецироваться изображение, генерируемое управляющей программой (в данном случае, в качестве такого материала был выбран песок, ввиду его низкой стоимости). На высоте порядка двух метров над емкостью расположена система, непосредственно создающая изображение на материале. Схема работы и описание составляющих системы приведено ниже:

1. Сенсор Kinect, произведенный корпорацией Microsoft, имеет в своем составе датчик глубины, состоящий из инфракрасного излучателя и приемника. В данной установке задача сенсора заключалась в определении расстояния до каждой точки поверхности песка в реальном времени, и составлении карты высот по этим данным. Эта информация по интерфейсу USB передается на компьютер.
2. Компьютер, осуществляющий обработку данных, полученных с Kinect. На основании карты высот, программа придает каждой точке поверхности цвет, соответствующий ее высоте. Самые нижние точки приобретают цвет моря, точки, занимающие среднее положение – цвет равнин, самые высокие – цвет горных вершин (в реальной установке уровней намного больше). Таким образом, изменяя расположение песка в области проекции, мы получаем ландшафт, соответствующий нашим действиям.

3. Мультимедийный проектор, непосредственно создающий изображение на песке.

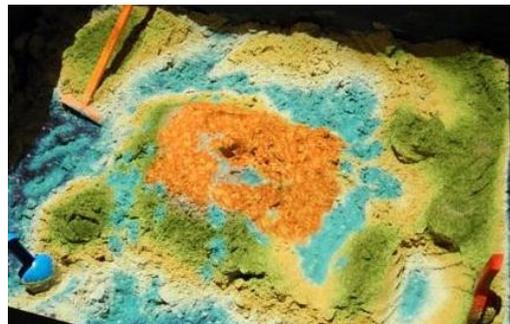


Рис.2 Результат работы программы

Данная установка имеет, по большей части, развлекательную направленность, поскольку не несет в себе возможности создания различных обучающих программ, которые могли бы использовать автоматически генерируемые метаморфозы ландшафта. Так же, ввиду большой массы, гигиенических соображений, а так же необходимости постоянного увлажнения песка, установка системы в образовательных учреждениях, крупных торговых центрах, выставочных комплексах, сопряжена с неудобствами. В связи с вышеизложенным, перед командой проекта встала задача разработки новой установки, которая была бы не только лишена недостатков предыдущей версии, но также предоставляющей разработчикам и пользователям более широкий простор для творчества; управляющейся усовершенствованной программой, выигрывающей как в производительности, так и в качестве визуализации (появление на карте анимированных объектов, симуляция природных явлений и визуализации механизмов взаимодействия флоры и фауны).

Создание системы с динамически изменяющейся поверхностью

Найденное решение заключается в создании управляемой сетки, в каждом узле которой закреплен механизм, позволяющий менять и удерживать высоту данной точки над нулевым уровнем. Сама поверхность создается слоем силикона, закрепленного на стержнях, регулирующих высоту точки. Для определенности примем, что сетка имеет

размер 40x30 см. Узлы размещены на расстоянии 2 см друг от друга. Таким образом, для обеспечения высокой детализации в процессе формирования желаемой поверхности, необходимо обеспечить независимое управление тремьями точек. Для решения данной задачи возможно использование несколько методов, каждый из которых предполагает проектирование и построение уникальной конструкции.

Использование силы электромагнитного поля для контроля высоты точки.

Механизм действия заключается в том, что благодаря взаимодействию постоянного магнита, закрепленного на нижнем конце стержня, и электромагнита, расположенного точно под ним, Изменяя полярность приложенного к электромагниту напряжения, становится возможным обеспечить движение стержня в обе стороны, тем самым меняя высоту точки. Недостатки метода: энергоемкость (установка требует постоянного притока энергии для удержания заданного положения стержней), сложность реализации программного управления, необходимость подачи переменного напряжения и изменения его полярности.

Использование шаговых электродвигателей.

Использование данного типа двигателей позволяет обеспечить прямое управление стержнями путем программного задания дискретных интервалов угловых перемещений. Электропитание двигателей осуществляется от внешнего источника постоянного напряжения, а управляющим является кластер объединенных микроконтроллеров (н.п. Arduino Mega 2560), сумма цифровых выводов которых равна числу управляемых двигателей.

Преимущества метода: постоянное напряжение, отсутствие необходимости изменять полярность приложенного напряжения, возможность дискретной подачи напряжения, высокая точность и надежность фиксации стержня в заданном положении, простота программного управления. Недостатки метода: дороговизна, большое количество аппаратуры (двигатели, микроконтроллеры) и проводов. Возможно сокращение количества двигателей с помощью использования гибких лент или валов определенной формы. Подобная интерполяция сможет обеспечить плавность изменения ландшафта, но, одновременно с этим, падает точность воспроизведения заданной структуры карты, точки становятся зависимыми друг от друга.

Использование электродвигателей постоянного тока.

Рассмотрим схему действия системы при использовании электродвигателей постоянного тока (рис. 3):

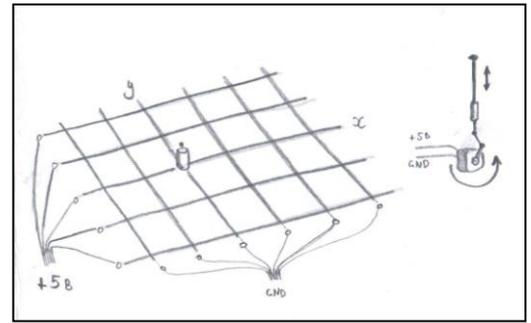


Рис. 3. Схема действия установки при использовании двигателей постоянного тока

Горизонтальные проводники находятся под напряжением 5В; при помощи транзисторов генерируется сигнал на одном и только одном узле сетки. Движение по обоим направлениям обеспечивается коленчатым валом. Недостатки метода: сложность управления, пониженная точность по сравнению с использованием шаговых электродвигателей. Достоинства: снижение количества необходимых проводников.

Применение

Данная техническая система, несущая в себе возможность не только генерирования программно заданных ландшафтов, но также и ручного управления пользователем, помимо развлекательной направленности, позволяет создавать полноценные разнообразные обучающие программные продукты, использующие данную систему как средство визуализации различных данных, средство, позволяющее вывести изучение таких предметов, как геология, география, физика, на новый уровень интерактивности, применяя аудио- и видеозаписи, голосовое управление и распознавание жестов. Созданная интерактивная система визуализации предоставляет простор для творчества как для пользователей, так и для разработчиков.

Литература

1. OpenGL Shading language: third edition, Randi I. Rost, изд. Addison Wesley, 2009 – 804 с.
2. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino, У. Сомер, БХВ-Петербург, 2012 – 256 с.
3. Распознавание образов, А.Б. Мерков, Едиториал УРСС, 2011 – 256 стр.
4. Программирование с использованием OpenGL [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.opengl.org.ru/>, свободный.
5. Arduino.ru [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.arduino.ru/>, свободный.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОСТУПА К АУДИТОРИЯМ ТПУ НА БАЗЕ ОДНОПЛАТНОГО КОМПЬЮТЕРА RASPBERRY PI

Рыбаков Е.А., Стариков Д.П., Макаров Д.Е.

Научный руководитель: Тугов И.А., ассистент каф. ИКСУ

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: Rybakov92@ya.ru

В связи с проблематикой постоянного доступа к аудиториям ТПУ и сложностями непрерывного контроля за посетителями, был реализован проект, автоматизирующий данные процессы, а также упрощающий санкционированный доступ в аудитории. Проект обладает гибкостью и простотой настройки автоматизированной системы по любым параметрам, в зависимости от желания заказчика. Проект ориентирован как на преподавательский состав, так и на студентов.

Проект необходим для доступа к аудиториям по индивидуальным магнитным картам, с ведением непрерывной базы, отражающей ФИО посетителя и время, в которое он получал доступ к аудитории. Принцип работы системы изображен на рисунке 1.

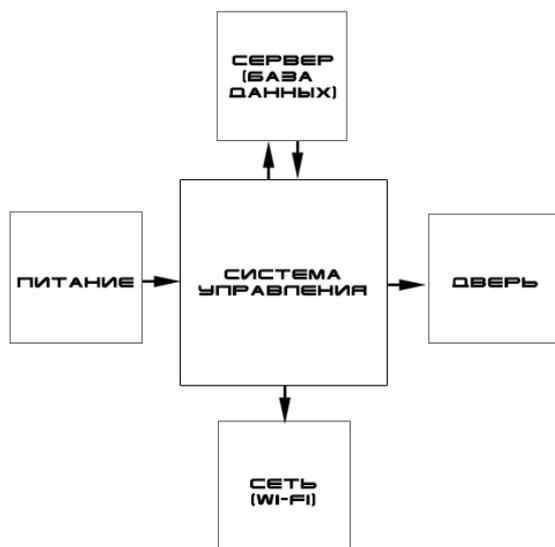


Рисунок 1. Принцип работы

Система управления.

Система состоит из одноплатного компьютера Raspberry Pi (рисунок 2), соединенного с модулем Wi-fi, электромеханическим замком и сканером электромагнитных карт (RFID). Благодаря высокому быстродействию управляющей платы считывание и проверка информации в базе проходит в течение незначительного времени.

Raspberry Pi выпускается в двух комплектациях: модель «А» и модель «В». Обе версии оснащены ARM11 процессором Broadcom BCM2835 с тактовой частотой 700 МГц и модулем оперативной памяти на 256МБ/512МБ, размещенными по технологии

«package-on-package» непосредственно на процессоре. Модель «А» оснащается одним USB 2.0 портом, тогда как модель «В» — двумя. Также у модели «В» присутствует порт Ethernet. Помимо основного ядра, BCM2835 включает в себя графическое ядро с поддержкой OpenGL ES 2.0, аппаратного ускорения и FullHD-видео и ядро цифрового сигнального процессора. Одной из особенностей является отсутствие часов реального времени [1].

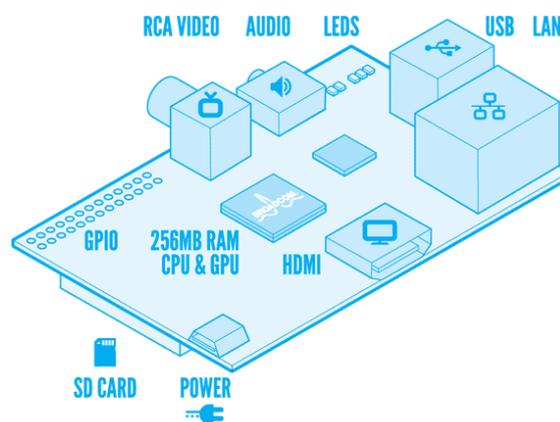


Рисунок 2. Raspberry Pi

Сервер (база данных).

Сервер выполнен в виде персонального компьютера со специализированным ПО, за которым работает оператор базы данных. Он ведет непрерывный учет и периодическое обновление базы данных (добавление/удаление учетных записей о пользователях).

Принцип работы.

Работа системы строится за счет специального программного обеспечения, установленного на Raspberry Pi. При считывании персональной магнитной карты, данные поступают на сервер по сети Wi-fi. Это возможно благодаря развитой инфраструктуре Wi-fi сетей ТПУ. Данные автоматически обрабатываются на сервере и по обратному каналу связи поступают на конкретную систему управления. В зависимости от команды контроллер принимает решение об открытии электромеханического замка или его удержании. Так же при любом контакте с картой, событие записывается в историю, которая хранится на центральном сервере.

База данных формируется оператором на специализированном рабочем месте.

Обновление базы производится в нерабочее время, чтобы исключить возможные информационные заторы в работе системы.

Считывание магнитной карты производится за счет специализированного сенсора RFID-карт (рисунок 3). Последний отправляет считанный код карты в память платы по USB-интерфейсу.



Рисунок 3. RFID-сенсор

Питание.

В качестве источника питания используется постоянное напряжение 9 В, которое преобразуется за счет трансформатора сети переменного напряжения 220 В. В системе предусмотрена защита от перебоев в питании, которая реализуется с помощью источника бесперебойного питания.

Программирование.

Программирование осуществляется в специализированной среде одноплатного компьютера Raspberry Pi. Написанная программа копируется на все системы управления, которыми в свою очередь может управлять центральный сервер, программное обеспечение которого выполнено в виде графического интерфейса с возможностью мониторинга конкретного порта. Данный интерфейс позволяет с легкостью считывать историю, или производить конкретные действия над системой.

На начальных этапах был разработан полностью работоспособный прототип на базе микроконтроллера Arduino Mega и внедрен в эксплуатацию в одну из аудиторий ТПУ. Так как Raspberry Pi является более современным и сравнительно дешевым аналогом, то было принято решение использовать именно его в дальнейшем развитии проекта.

Благодаря гибкости платформы существует возможность добавления в систему управления различных периферийных устройств, таких как: веб-камеры, различные сенсоры, устройства дополнительной защиты, например сканер отпечатков пальцев (для аудиторий с повышенной концентрацией дорогостоящего оборудования).

Актуальность.

Необходимо отметить, что данная система может в разы упростить образовательный процесс для студентов. Речь идет о более простом доступе в учебные лаборатории во внеурочное время.

Подобные системы, если и есть сейчас на рынке, будут иметь сложности с внедрением в инфраструктуру университета. Данный же проект разработан специально для удовлетворения задач и потребностей, описанных ранее.

Список использованной литературы:

1. «Raspberry Pi – user guide» [Электронный ресурс] – Режим доступа: свободный. <http://www.raspberrypi.org/>
2. «Embarcadero RAD studio» [Электронный ресурс] – Режим доступа: свободный. <http://www.embarcadero.com/ru/products/rad-studio>
3. Зиновьев Г.С. Силовая электроника: основы силовой электроники. Часть 1// Методы и системы управления преобразователями. №1. С.504-523; 2003.
4. Мир микроконтроллеров. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: свободный <http://www.mirmk.net/content/view/66/29>
5. Ловчаков В.И., Сурков В.В., Сухинин Б.В. Оптимальное управление электротехническими объектами. Тула: ТулГУ, 2004. 150 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ И РАСХОДА ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

Савитский О.П.

Научный руководитель Дядик В.Ф.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: oleg_sav@pochta.ru

Сублиматное производство гексафторида урана является сложным объектом автоматизации с дорогостоящим целевым продуктом и рядом особенностей, обусловленных быстротой протекания физико-химических процессов.

Одной из основных задач при ведении технологического процесса является стабилизация всех давлений в системе. Такой же важной задачей является поддержание постоянства расхода фтора, так как благодаря этому минимизируются потери дорогостоящего продукта. Поскольку расход прямо связан с изменением давлениями по схеме, то разработка математической модели позволит выявить характерные особенности и взаимосвязи, на основании которых можно будет синтезировать контуры стабилизации давления.

Принципиальная схема производства гексафторида урана (ГФУ) представлена на рис. 1.

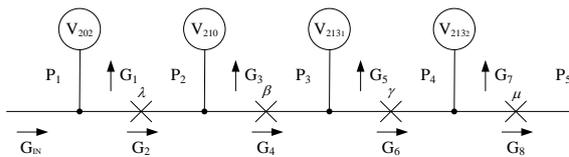


Рисунок 1- Принципиальная схема производства ГФУ.

Технологическая схема производства ГФУ представляет собой последовательное соединение трубопроводов и реакторов (емкостей). Следовательно задачу определения распределения давления и расхода по технологической линии можно разбить на систему состоящую из простых элементов:

- участок трубопровода;
- емкость;
- узел разветвления потоков.

1. Математическое описание элементов

1.1 Трубопровод

При движении реального газа по трубопроводу происходит значительное падение давления по длине в результате преодоления гидравлических сопротивлений. В этих условиях плотность газа уменьшается, а линейная скорость – увеличивается.

Установившееся изотермическое ($T = \text{const}$) движение газа в газопроводе описывается системой трех уравнений:

1. Уравнение Бернулли, закон сохранения энергии.
2. Уравнение состояния.
3. Закон сохранения массы, выражающийся в постоянстве массового расхода.

Решением системы уравнений является основная формула для расчета массового расхода газа по трубопроводу [1]:

$$G_2 = a \cdot \sqrt{P_1 - P_2}, \quad \text{м}^3/\text{ч} \quad (1)$$

где a - коэффициент проводимости,

$$a = \frac{900 \cdot \pi}{\rho_6} \cdot \sqrt{\frac{d^5}{\rho \cdot R_6 \cdot T \cdot \lambda \cdot L}}$$

1.2 Емкость

Состояние газа в емкости описывается уравнением Менделеева–Клапейрона:

$$P_{\text{ВЫХ}} \cdot V = \Theta \cdot R \cdot T \quad (2)$$

После дифференцирования уравнения (2) получаем уравнение расхода газа в емкости:

$$G = \frac{d\Theta}{dt} = \frac{V}{RT} \cdot \frac{dP_{\text{ВЫХ}}}{dt} \quad (3)$$

1.3 Узел разветвления потоков

Согласно первому правилу (закону) Кирхгофа, относящемуся к точке разветвления токов, сумма токов притекающих к любому узлу, равна сумме токов, вытекающих из этого узла [2]. Данное правило распространяется и на пневматические цепи. Тогда алгебраическая сумма расходов газа в узле равна нулю:

$$\sum_{i=1}^n G_i = 0$$

2 Математическое описание распределения давления и расхода по технологической линии производства ГФУ

Принимая во внимание, что давление P_5 поддерживается на заданном уровне контуром стабилизации давления, и расход G_{in} задан производительностью производства, Согласно уравнений (1-3) процессы, протекающие в технологической схеме, описываются системой уравнений (4).

$$\left\{ \begin{array}{l} P_4 = \left(\frac{G_8}{a_4} \right)^2 + P_5; \quad G_8 = k_{213_2} \cdot (G_6 - G_7) \\ G_7 = \frac{V_{213_2}}{R \cdot T} \cdot \frac{dP_4}{dt}; \quad P_3 = \left(\frac{G_6}{a_3} \right)^2 + P_4 \\ G_6 = k_{213_1} \cdot (G_4 - G_5); \quad G_5 = \frac{V_{213_1}}{R \cdot T} \cdot \frac{dP_3}{dt} \\ P_2 = \left(\frac{G_4}{a_2} \right)^2 + P_3; \quad G_4 = k_{210} \cdot (G_2 - G_3) \\ G_3 = \frac{V_{210}}{R \cdot T} \cdot \frac{dP_2}{dt}; \quad P_1 = \left(\frac{G_2}{a_1} \right)^2 + P_2 \\ G_2 = k_{202} \cdot (G_{\text{IN}} - G_1); \quad G_1 = \frac{V_{202}}{R \cdot T} \cdot \frac{dP_1}{dt} \end{array} \right. \quad (4)$$

где $k_{202}, k_{210}, k_{213_1}, k_{213_2}$, - коэффициенты учитывающие изменение потока газа по техно-

гической линии вследствие химических реакций в аппаратах.

2 Определение коэффициентов изменения расхода газа по технологической линии вследствие химических реакций

При прохождении газа через технологические аппараты происходит изменение его объема в следствии протекания химических реакций.

При получении гексафторида урана в ПР в случае полного химического превращения чистых оксидов урана в гексафторид урана UF_6 , суммарный объемный расход газа на выходе ПР составит:

$$V^{202} = V_{F_2} + V_{HF} + V_{O_2} + V_{UF_6}$$

$$\text{где } V_{F_2} = G_{in} \cdot \left(C_2 - 9 \frac{C_2 - C_{F_2}}{9 - 2C_{F_2}} \right); V_{HF} = (1 - C_2) \cdot G_{in}$$

$$V_{O_2} = 4 \cdot G_{in} \cdot \frac{C_2 - C_{F_2}}{9 - 2C_{F_2}}; V_{UF_6} = 3 \cdot G_{in} \cdot \frac{C_2 - C_{F_2}}{9 - 2C_{F_2}}$$

Коэффициент изменение потока газа составит:

$$k^{202} = \frac{V^{202}}{G_{in}} = 1 - 2 \cdot \frac{C_2 - C_{F_2}}{9 - C_{F_2}} \quad (5)$$

В десублиматоре происходит выделение из газовой фазы гексафторида урана. Объемный расход газа на выходе десублиматора составит:

$$V^{210} = V_{F_2} + V_{O_2} + V_{HF}$$

Коэффициент изменение потока газа составит:

$$k^{210} = \left(1 - 5 \cdot \frac{C_2 - C_{F_2}}{9 - C_{F_2}} \right) / \left(1 - 2 \cdot \frac{C_2 - C_{F_2}}{9 - C_{F_2}} \right) \quad (6)$$

В АКТ1 происходит улавливание фтористого водорода вследствие чего суммарный объемный расход газа на выходе АКТ1 составит:

$$V^{213/1} = V_{F_2} + V_{O_2}$$

Коэффициент изменение потока газа составит:

$$k^{213_1} = \left(C_2 - 5 \cdot \frac{C_2 - C_{F_2}}{9 - C_{F_2}} \right) / \left(1 - 5 \cdot \frac{C_2 - C_{F_2}}{9 - C_{F_2}} \right) \quad (7)$$

В АКТ2 происходит улавливание элементарного фтора вследствие чего суммарный объемный расход газа на выходе АКТ2 составит:

$$V^{213/2} = V_{O_2}$$

Коэффициент изменение потока газа составит:

$$k^{213_2} = 4 \cdot \frac{C_2 - C_{F_2}}{9 - C_{F_2}} / \left(C_2 - 5 \cdot \frac{C_2 - C_{F_2}}{9 - C_{F_2}} \right) \quad (8)$$

3 Определение коэффициентов проводимости

Коэффициент проводимости зависит от ряда параметров которые определить не представляется возможным (для примера: коэффициент гидравлического сопротивления, объем аппаратов).

Коэффициент проводимости определяется согласно уравнения (1) выражением:

$$a = \frac{V_2}{\sqrt{P_1 - P_2}}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (9)$$

Давления по технологической линии и расход анодного газа измеряются. С учетом коэффициентов изменения потока рассчитывается расход газа по аппаратам, после чего коэффициенты проводимости определяются на основании реальных переменных, характеризующих технологический процесс.

Расчет коэффициента проводимости проводили в соответствии с выражением (9) и учетом коэффициентов (5-8) на основании обработки данных производственных трендов за сутки (20.08.2012). Средний проскок фтора на выходе ПР составил 10%, содержания фтора 95 %. Результаты расчета следующие:

$$k^{210} = 0.64; k^{210} = 0.64; k^{213_1} = 0.90; k^{213_2} = 0.83$$

$$a_1 = 109,7; a_2 = 97,5; a_3 = 82,0; a_4 = 67,8$$

4 Реализация модели

Структурная схема для моделирования в программном комплексе Simulink [3] распределения давления и расхода по технологической линии, математическим описанием которого является система уравнений (4), приведена на рис. 3.

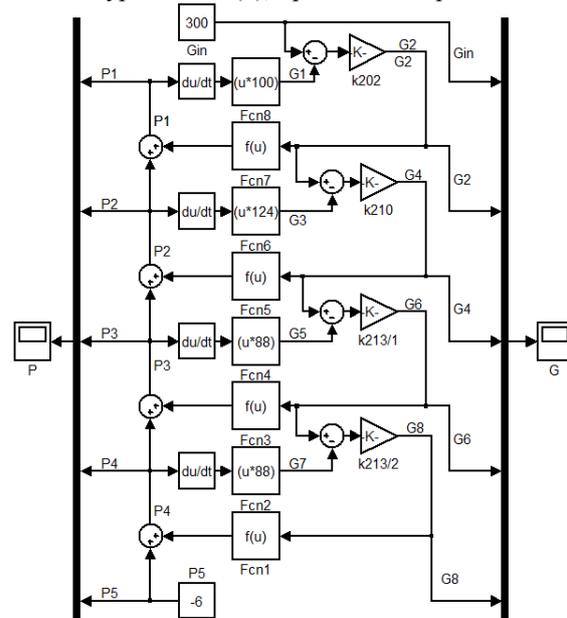


Рисунок 3 – Структурная схема модели

Список литературы

1. Карабин А.И. Сжатый воздух. Выработка, потребление, пути экономии - Томск: М.: Машиностроение, 1964. – 174 с.
2. Мордасов М.М., Мордасов Д.М., Трофимов А.В., Чуриков А.А. Технические средства автоматизации. Ч. 1. Пневматическая ветвь. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 168 с.
3. Дьяконов В.П. MATLAB 6.5 SP1 / 7 + Simulink 5/6. Основы применения. Серия Библиотека профессионала. - М.: СОЛОН-Пресс, 2005. - 800

СИСТЕМА ВИРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ВЫЧИСЛЕНИЯМ

Савицкий Ю.В., Орлов С.Г.

Научный руководитель: Григорьева И.В., к.ф.-м.н., доцент

Кемеровский государственный университет, 650099, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

E-mail: mr-l-ik@yandex.ru

В настоящее время, для решения задач высокой сложности, таких как прогнозирование погоды, задачи геномной инженерии, разработка наноматериалов используются параллельные вычислительные ресурсы. Работа с подобными видами вычислительных ресурсов также доступна не каждому и требует специальных знаний. Именно поэтому, чрезвычайно важной задачей для образовательных учреждений является обеспечить возможность своих студентов получить доступ к параллельным вычислительным ресурсам, которыми располагает ВУЗ, в целях получения ими необходимых умений.

Разрабатываемая система "Виртуальный лабораторный практикум по параллельным вычислениям" имеет целью предоставить удалённый доступ к параллельным вычислительным ресурсам Центра коллективного пользования КемГУ. Представленная система является веб-приложением, главная страница которого представлена на рисунке 1. Данный учебно-методический комплекс включает в себя как теоретический материал, необходимый для работы с кластером, так и набор практических заданий, которые призваны дать студентам необходимые навыки программирования параллельных вычислительных алгоритмов.

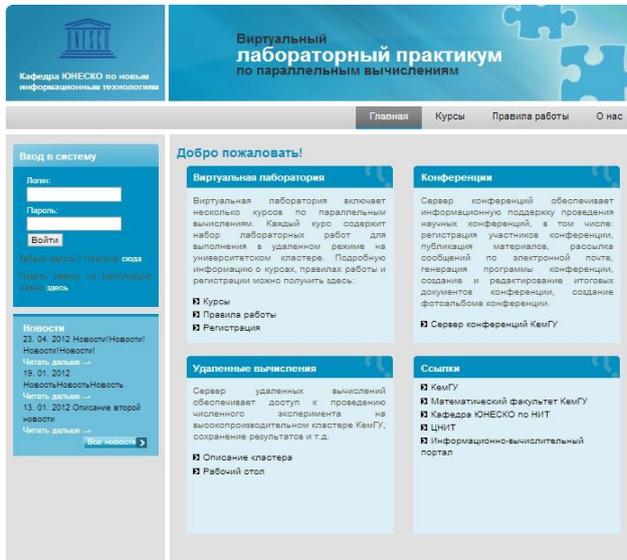


Рис. 1. Вид главной страницы веб-приложения

Поскольку необходимым условием работы системы является одновременная работа многих пользователей, уместным было выбрать архитектуру "клиент-сервер". Схематично архитектура изображена на рисунке 2.

В данной схеме выделены следующие компоненты:

1. Веб-агент - клиентское приложение, через которое пользователь посылает команды и получает результаты проделанной работы.
2. Сервер приложений - блок, включающий в себя сервер обработки запросов, хранилище файлов и базу данных.
3. Управляющий агент - являясь ключевым блоком системы, обеспечивает запуск программ на удалённых параллельных вычислительных ресурсах, а менеджер вычислительных ресурсов, входящий в его состав, управляет очередью запуска и хранением файлов.
4. Вычислительный агент - блок, необходимый для запуска принимаемого от управляющего агента кода.

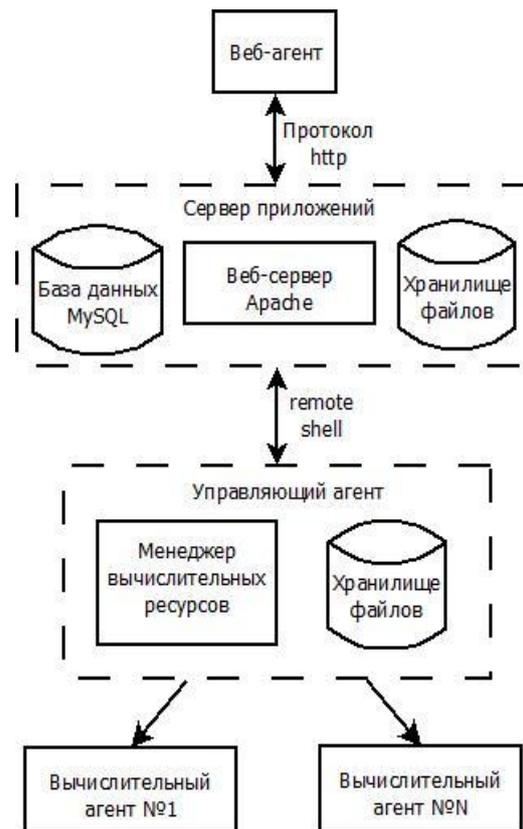


Рис. 2. Схематичное изображение архитектуры системы "Виртуальная лаборатория"

Сайт "Виртуальной лаборатории" создан на базе CMS MODx Evolution. При создании были использованы языки PHP, Java Script. В качестве веб-сервера был выбран Apache. В качестве используемой СУБД была выбрана MySQL.

На данной стадии разработки система работает со следующими серверами: hphead.kemsu.ru и master.kemsu.ru. Сервер hphead.kemsu.ru является учебным сервером, на котором в основном проходит обучение студентов навыкам работы с параллельными вычислительными ресурсами. Он состоит из трёх машин, на которых установлено по двухъядерному процессору. Сервер master.kemsu.ru состоит из девяти вычислительных узлов и одного управляющего. В четырёх из них установлено по два процессора Intel Xeon 5410, а в пяти других узлах установлено по два процессора Intel Xeon 5630. В каждом из этих процессоров по 4 ядра. На четырёх первых узлах установлено по 8 Гб оперативной памяти и на пяти других 24 Гб оперативной памяти. Управляющей сетью является Gigabit Ethernet, а вычислительной - Infiniband. Суммарное дисковое пространство кластера 1,5 Тб. Операционная система Linux CentOS. Дополнительную информацию о работе кластера можно получить на сайте его поддержки icp.kemsu.ru/СКР.

Для получения доступа к системе необходимо пройти процедуру регистрации, которая состоит из заполнения пользователем анкеты и утверждения его в качестве зарегистрированного пользователя администратором. Зарегистрированный пользователь имеет возможность подписаться на курс, что даст ему доступ к выполнению практических заданий, предусмотренных курсом. Незарегистрированный пользователь, по умолчанию, имеет доступ к теоретическим материалам, представленным в курсах.

Система предусматривает возможность работы с языками программирования C/C++ и Fortran, а так же параллельные технологии MPI и OpenMP. Для отправки кода была разработана форма онлайн компиляции, представленная на рисунке. Она не только позволяет редактировать код прямо в окне браузера и отправлять его на компиляцию, но также возвращает ошибки, возникшие во время компиляции и реализует подсветку кода, в зависимости от выбранного языка.

Следующая последовательность действий отражает суть работы с системой:

1. Заполнение анкеты регистрации и отправка заявки на регистрацию пользователя в системе.
2. Ожидание подтверждения регистрации администратором системы.
3. Отправка заявки на прохождение конкретного курса, доступного в системе.
4. Ожидание подтверждения заявки на курс.

5. Ознакомление с представленным теоретическим материалом.
6. Выбор практического задания.
7. Написание кода, его отправка через форму компиляции, а также анализ ошибок, которые могли возникнуть при компиляции.
8. Получение исполняемого файла.
9. Запуск исполняемого файла на выбранном сервере параллельных вычислений.
10. Получение результата работы исполняемого кода.

Подводя итог вышесказанному, стоит подчеркнуть чрезвычайную актуальность подобных систем именно в образовательном аспекте. В настоящее время, система находится на стадии доработки и подготовки к внедрению в образовательный процесс. У данной системы имеется высокий потенциал развития. Так в первоочередную задачу текущего развития системы входит разработка интерфейса преподавателя и интерфейса администратора. Первый из вышеперечисленных интерфейсов позволит организовать продуктивный диалог между студентом и преподавателем, а второй позволит управлять ресурсами системы. Следующей задачей на пути развития системы стоит разработка интерфейса для работы с серверами, использующими технологию CUDA.

Список литературы:

1. Афанасьев, К. Е. "Многопроцессорные вычислительные системы и параллельное программирование" / К. Е. Афанасьев, С. В. Стуколов, А. В. Демидов, Мальшенко В. В. [Электронный ресурс] // (<http://umk.portal.kemsu.ru/mps/index.htm>).
2. Система удаленного доступа и управления распределенными вычислительными ресурсами./ И.В. Григорьева, А.В. Демидов, Вычислительные технологии. 2008. Е. 13. С 28-32.
3. Гудов, А. М. "Введение в язык структурированных запросов SQL" / А. М. Гудов [Электронный ресурс] // (<http://umk.portal.kemsu.ru/sql/index.html>).
4. Которов, Д. В. PHP5 (В подлиннике)/ Д. В. Которов, А. Ф. Костарев. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: БХВ-Петербург, 2008. - 1104 с.
5. Гудов, А. М. "Технология разработки программного обеспечения" / А. М. Гудов, С. Ю. Завозкин, С. Н. Трофимов [Электронный ресурс] // (http://unesco.kemsu.ru/study_work/method/po/UMK/index.html).

УСКОРЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ CUDA НА ПРИМЕРЕ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ

Санников М.А.

Научный руководитель: Гергет О.М., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: max777alex@gmail.com

Искусственная нейронная сеть является сетью, состоящей из множества нейронов, которые имитируют свойства биологических нейронов. Искусственные нейроны тесно связаны между собой и выполняют вычислительные функции. Нейронные сети активно используются при решении различных задач и часто заменяют собой менее эффективные алгоритмы. Одной из таких

Для обучения и проверки сети на адекватность использована база рукописных цифр MNIST. Нейронная сеть для решения поставленной задачи состоит из пяти слоев и принимает изображения размером 29x29 пикселей, поэтому первый слой включает в себя 841 нейрон, каждый из которых характеризует один пиксель. Второй слой является сверточным и состоит из 6 карт



задач является задача распознавания рукописных символов. На примере этой задачи рассмотрим ускорение нейронной сети на графическом процессоре, поддерживающем технологию CUDA. Но прежде всего, покажем, почему это возможно.

Каждая карта представляет собой изображение размером 13x13, составленным из выходов первого слоя. Каждый нейрон в карте является признаком участка изображения размером 5x5, поступающим с первого слоя.

Для исследования будем использовать сверточную нейронную сеть. Сверточная нейронная сеть представляет собой особый класс нейронных сетей, наилучшим образом подходящий для интеллектуальной обработки визуальных данных. Идея сверточных нейронных сетей заключается в чередовании сверточных слоев (C-layers), субдискретизирующих слоев (S-layers) и наличии полносвязных (F-layers) слоев на выходе. Они объединяют в себе три архитектурных идеи для достижения инвариантности к сдвигу и искажению исходного изображения: локальные поля восприятия, разделяемые веса и пространственная субдискретизация.[1] Вычисления происходят от слоя к слою. Исходные данные подаются на первый слой и в результате работы нейронной сети генерируется последний слой, анализируя который можно определить наиболее вероятный символ, соответствующий распознаваемому.

Третий слой также сверточный. Каждая карта имеет размер 5x5, и каждый пиксель в ней является признаком соответствующего участка размером 5x5 всех шести карт признаков предыдущего слоя.

Четвертый слой является полносвязным слоем со 100 нейронами. В связи с тем, что он полносвязный, каждый из 100 нейронов в слое связан со всеми нейронами предыдущего слоя. Пятый слой представляет собой выходной слой. Он также полносвязный с 10 нейронами. Каждый из 10 нейронов в этом слое связан со всеми 100 нейронами предыдущего слоя.

В вычислениях содержится большое число матричных и векторных операций, которые достаточно просто можно распараллелить и тем самым уменьшить время работы нейронной сети.

В итоге спроектирована нейронная сеть, состоящая из 3215 нейронов и 184974 связей между ними (Таблица 1).

Таблица 1. Проектирование нейронной сети

Слой	Кол-во нейронов	Кол-во связей с предыдущим
Входной слой	841	0
Сверточный слой 1	1014	26364

Сверточный слой 2	1250	32500
Полносвязный слой	100	125100
Выход	10	1010
По всем слоям	3215	184974

Одной из причин того, что работа нейронных сетей на графических процессорах достаточно удобна, является разделенные процесс обучения и вычисления. На самом деле, если имеется хорошо обученная нейронная сеть, то нет необходимости что-то изменять в ней во время использования. К тому же нейроны одного слоя не зависят друг от друга, что позволяет вычислять их параллельно. В итоге же возможно увеличение производительности вычислений в несколько десятков и даже сотни раз по сравнению с последовательными программами, выполняемыми на центральном процессоре.

Структура программы представлена на Рис. 1. Здесь мы получаем значения весов первого уровня и последовательно рассчитываем веса всех последующих уровней. Для расчета весов текущего уровня используется своя функция CUDA, которая будет параллельно запущена для каждого из нейронов.

Но прежде чем начинать вычисления необходимо скопировать исходные данные в память графического устройства. Время копирования данных также будет включено во время выполнения программы, т.к. этот процесс является неотъемлемой частью вычислений.

В результате работы параллельной и последовательной программ были достигнуты желаемые результаты – ускорение вычисления нейронной сети примерно в 100 раз. Вычисления производились на ПК с CPU Intel Core i3-2350M, GPU NVIDIA GeForce GT 620M 1ГБ и с 6ГБ оперативной памяти.

Вывод: вычисление нейронных сетей с помощью технологии CUDA является перспективным направлением и показывает отличные результаты в настоящее время.

Список литературы:

1. Макаренко А.А. Сверточные нейронные сети в задаче классификации изображений // Информационные системы. Вып. 4.: Тр. постоянно действующего научно-техн. семинара. — Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. — 2006. — С. 3-9.
2. LeCun Y. Generalization and network design strategies // Proc. Of the Intern. Conf. Connectionism in Perspective. — University of Zurich, 10–13 October 1988
3. Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс // Москва: Изд-во Вильямс – 2006
4. CUDA Parallel Computing Platform. URL: http://www.nvidia.com/object/cuda_home_new.html



Рис. 1. Схема работы программы

МЕТОДЫ СБОРА ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ АППАРАТУРЫ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА

Сафронов Б.А.

Научный руководитель: Мехтиев Эльчин Ага Мехтиевич, аспирант
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: safronovba@yandex.ru

С развитием ИТ инфраструктуры возрастает потребность компаний в хорошей и стабильной платформе для работы программного обеспечения. Даже самые небольшие компании используют программные комплексы, базы данных и прочие средства, упрощающие работу.



Рис. 1 Инфраструктура сети

Однако отказ какого либо узла комплекса может нанести ощутимый вред бизнесу и создать неудобства пользователю. Для предотвращения и своевременного обнаружения существуют системы мониторинга.

Системы мониторинга бывают разные – от утилит до масштабных программных комплексов, использующих все возможности мониторинга конечных устройств. Самым простым способом мониторинга является отправка запросов по протоколу ICMP.

Internet Control Message Protocol – протокол межсетевых управляющих сообщений, входящий в стек протоколов TCP/IP и описан в документе RFC 792. Данный сетевой протокол используется для опроса узла на предмет ошибок и других исключительных ситуаций, возникших при передаче данных, а также для выполнения некоторых сервисных функций. При отправке ICMP-сообщений генерируется сообщение формата ТИП КОД КОНТРОЛЬНАЯ СУММА и данные, в зависимости от выбранного типа запроса. Например утилита ping использует протокол ICMP сообщениями типа 8 - для эхо-запросов и 0 – для эхо-ответов. Существует несколько правил генераций ICMP-пакетов. Во первых ICMP пакеты не генерируются для ответа на широковещательные запросы, т.к. в этом случае возрастет нагрузка на сеть, что в свою очередь приведет к перегрузкам сети. Во вторых при потере пакета не генерируются пакеты. Данный протокол прост в использовании и реализован на всех сетевых устройствах. Это позволяет использовать его для быстрой диагностики сетевого подключения,

проверки доступности узла и выявления проблемных мест сети, однако он не позволяет составлять полную картину работы сети.

Более сложным является стандарт WMI (Windows Management Instrumentation). Это средство позволяет следить за состоянием устройств на базе систем Windows. Средство является базовой технологией для централизованного слежения и управления Windows системами. Сама технология является адаптированной под Windows реализацией стандарта WBEM (Web-Based Enterprise Management), которая в свою очередь была создана для выполнения задач мониторинга, основываясь на открытых интернет стандартах. В основе технологии лежит Common Information Model (CIM), реализуя объектно-ориентированный подход к представлению компонентов системы. Такой подход позволяет программам, системам и драйверам добавлять в модель свои классы, объекты, методы и свойства. WMI, как адаптированная система, включает в себя CIM, поэтому так же поддерживает добавление любых параметров ОС, а также устройств и приложений, функционирующих в ней. Объекты мониторинга являются динамическими ресурсами – параметры объекта постоянно меняются. Поэтому параметры объектов создаются по запросу потребителя данных и не хранятся постоянно. Свойства объекта хранятся в репозитории – хранилище данных WMI, расположенном на опрашиваемой машине. Особое внимание уделено проблемам безопасности. На первом этапе проверки реализована безопасность на уровне ОС – это означает, что при попытке доступа к данным и методам WMI запрашиваются учетные данные Windows. В зависимости от структуры сети запрос передается к DC (Domain Controller) или обрабатывается локально на удаленном узле. В зависимости от прав пользователя в системе (домене) он может получить доступ как к только считыванию данных, так и к управлению узлом. На втором этапе защита реализована на основе уровней пространств имен и протокола DCOM (Distributed Component Object Model), что в свою очередь позволяет реализовать разделенный доступ пользователя к объектам и методам WMI. Это означает, что пользователь с полными правами на управление узлом может не получить доступа по WMI. Каждый объект ОС имеет своё описание безопасности, включающее список доступа, в котором заданы пользователи имеющие доступ к

объекту. Для запроса данных в технологии WMI используется язык WMI Query Language (WQL) – разновидность языка SQL. Для запроса данных возможно использование только команды SELECT. Язык используется в скриптах, при обращении к узлу, однако существуют стандартные средства для проверки запросов при помощи графической утилиты `wbemtest` используемой для взаимодействия со структурой WMI на локальном или удаленном компьютере. Для облегчения процессанписания скриптов и программ, существуют специальные утилиты, которые помогают просмотреть структуру пространства WMI и показывают примеры использования всех классов. Несмотря на большое количество получаемых данных и простоту их обработки имеется и отрицательный момент – данная технология может быть использована только на Windows устройствах, в то время как в сети чаще требуется мониторинг сетевого оборудования – коммутаторов и маршрутизаторов. Для мониторинга таких узлов существует технология SNMP.

Simple Network Management Protocol – простой протокол управления сетями, основанный на архитектуре UDP. SNMP является компонентом стека TCP/IP – поэтому большинство сетевых устройств поддерживает работу по этому протоколу. Данная технология призвана обеспечить управление и контроль над устройствами сети путем обмена данными агентов и менеджеров. Агенты SNMP находятся на опрашиваемых узлах. Они собирают данные на узле и по запросу передают их менеджеру. Агент может самостоятельно отправить информацию менеджеру об изменении состояния какого либо узла используя операцию TRAP. Менеджером является станция сбора информации, периодически опрашивающая всех агентов сети, тем самым собирая статистическую информацию для построения отчетов и анализа работы сетевой инфраструктуры. Управляющая система может запросить у агента информацию о текущем состоянии доверенного ему узла путем запроса операции протокола GET (запрос значения указанной переменной), GETNEXT (запрос следующего значения, согласно дереву MIB) и GETBULK (запрос на пересылку большого объема данных). Данные, которые можно получить при помощи протокола SNMP, определены в MIB (Management Information Bases). Управляющая база содержит иерархическое пространство имен, содержащее уникальный код объекта (OID). Таким образом, каждый уникальный код объекта идентифицирует переменную, которая может быть прочитана через SNMP. В свою очередь базы используют стандарты, заданные в нотации ASN.1. Таким образом, все объекты в сети разделены на 10 групп и описаны в MIB: система, интерфейсы, обмены, трансляция адресов, IP, ICMP, TCP, UDP, EGP, SNMP. Протокол SNMP имеет несколько версий, в настоящий момент их 3: SNMPv1, SNMPv2c, SNMPv3. Каждая последующая

версия является доработкой предыдущей, с добавлением каких либо функций. Большой популярностью пользуется первая версия протокола, за счет своей простоты. Однако простота версии понесла за собой проблемы безопасности – сообщения передаются открытым текстом. На замену пришла вторая версия протокола – здесь улучшена безопасность путем добавления проверки целостности строки (MD5) и алгоритма шифрования (DES). Тем не менее, безопасность пакетов была недостаточно усилена, это повело за собой появление следующей версии SNMPv3. Последняя на сегодняшний день версия протокола использует полноценную систему авторизации через хеширование, временные отметки и шифрование сообщений. Таким образом, была создана версия более простая, чем v2 и более защищенная, чем v1. Общение агента и менеджера происходит путем пересылки SNMPсообщений, содержащих в себе: версию протокола SNMP, пароль (community string), который содержит последовательность символов, являющуюся пропуском при взаимодействии менеджера и объекта управления и значение идентификатора запроса. Для общедоступных данных и упрощения настройки обмена в локальных сетях пароль устанавливается словом `public`. Использование протокола в локальных сетях объясняет спрос на протокол именно первой версии. Однако при опросе узлов через публичные сети требуется защита с шифрованием передаваемой информации во избежание перехвата сообщений и последующего использования для нанесения вреда.

Рассмотрев 3 метода сбора информации о доступности узла сети и его основных рабочих параметров можно сделать некоторые выводы. Для работы с большинством устройств подходит протокол SNMP – его можно порекомендовать как основной метод сбора информации. Однако он не учитывает такие тонкости как мониторинг работы приложений, в том числе служб Windows, которые в свою очередь играют немало важную роль в работе, как программных комплексов, так и структуры сети в целом. Поэтому, при мониторинге крупных сетей, следует учитывать все тонкости работы приложений и подбирать средства опроса подобающе. Кроме того использование ICMP позволяет снизить нагрузку на сеть и получать информацию о доступности узла своевременно.

Список литературы:

1. Протокол ICMP URL:
[http://technet.microsoft.com/ru-ru/library/cc758065\(WS.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/ru-ru/library/cc758065(WS.10).aspx) (Дата: 14.02.2013).
2. SNMP протокол - принципы, безопасность, применение. URL:
<http://www.codenet.ru/webmast/snmp/> (Дата: 16.02.2013).
3. Windows Management Instrumentation. URL:
[http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/aa384642\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/aa384642(v=vs.85).aspx) (Дата: 24.02.2013).

О САМОСТОЯТЕЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЗАДАЧ В БОЛЬШИХ ГРУППАХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИЙ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ

Сахопотинов Г.А., Сыркин И.С.

Кузбасский государственный университет имени Т.Ф. Горбачева,
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: sogris@yandex.ru

В последнее время в робототехнике появилась тенденция к исследованию группового взаимодействия роботов. Для решения задачи коллективного управления множеством однотипных объектов применяют роевой интеллект (Swarm Intelligence). Большинство современных разработок в области группового управления роботами осуществляются на примере мобильных роботов. Большинство алгоритмов роевого интеллекта являются лишь алгоритмами оптимизации для решения одной поставленной задачи, зачастую узкоспециализированной [1].

Современные разработки не предназначены для работы одновременно большого числа роботов, в тоже время реализующиеся в них алгоритмы нейронных сетей чувствительны к потере узлов в процессе вычислений, приводящей к необходимости переобучения всей сети. [2,3] Таким образом, ведущиеся работы не могут использоваться для перспективных работ по большим группам роботов и нанороботам. Можно сформулировать требования к алгоритмам реализации коллективного поведения:

1) Устойчивость – способность сохранять способность достигать решения поставленных задач независимо от увеличения/уменьшения числа роботов, причем без существенных потерь во времени.

2) Масштабируемость - сохранение приемлемого быстродействия при увеличении числа роботов в группе.

3) Неразрывность – стремление каждого робота сохранять целостность группы роботов.

4) Однородность – функциональная неразличимость отдельных роботов в группе.

Мы рассматриваем решение задачи роем как выполнение алгоритмов двух уровней:

1) Общий (коллективный) уровень – не оперирует отдельными особями, а лишь целым роем или отдельной группой особей.

2) Базовый (индивидуальный) уровень – описывает, как должны себя вести отдельные особи, чтобы достичь цели роя. На данном уровне уже непосредственно задается, какие именно особи должны выполнить определенное действие.

Именно в переходе от общего алгоритма к частному и заключается сложность решения задачи управления большой группой роботов.

Согласно уровням алгоритмов, ПО особей также может быть разбито на два уровня. Базовый уровень является обязательной частью ПО каждо-

го из роботов и может состоять из следующих модулей:

- 1) Модуль передвижения
- 2) Модуль выполнения полезной деятельности
- 3) Модуль удержания особи в рою
- 4) Модуль работы с сетью

Два последних модуля являются обязательными для организации роя и его устойчивости.

Удержание особи в рою является условием устойчивости роя. Это условие накладывает ограничения на область передвижения робота.

Необходимо принять как постулат тот факт, что каждая особь может поддерживать контакт лишь с ограниченным числом других особей. Это связано как ограничением технологий связи, так и с возможными проблемами производительности.

Каждая особь должна иметь уникальный сетевой адрес, аналогично MAC адресам в сетях Ethernet, который служит аналогом «имени».

Предусматривается также ряд механизмов для преодоления ситуации, когда все особи со связями образуют регулярный связный граф, т.к. в этом случае, может не остаться свободных возможностей для соединений.

Для организации обмена данными, каждый робот запоминает «имена» своих соседей и регулярно контролирует связь с ними. В случае, если один из «соседей» не отвечает, он считается потерянным, что вызывает распространение среди других особей соответствующего сообщения.

Коллективный уровень содержит в себе лишь один модуль – это загрузчик и интерпретатор алгоритма достижения общей цели. Как и сам алгоритм, интерпретатор одновременно выполняется на процессорных мощностях всех роботов в рою.

Работу интерпретатора можно представить себе в виде, показанном на рисунке 1.

Важным свойством команд, подаваемых на вход интерпретатора, является то, что они принципиально не оперируют понятием «особь».

На этапе распределения обязанностей интерпретатор должен самостоятельно решить, сколько и каких именно особей будут выполнять каждое из действий. Если действия выполняются последовательно, то можно использовать возможности всех особей, если же команда требует параллельных действий, интерпретатор разбивает рой на группы, каждая из которых решает свою отдельную подзадачу. В конце распределения отдельные особи узнают о своих задачах и приступают к выполнению команд, действующих уже базовые навыки особей.

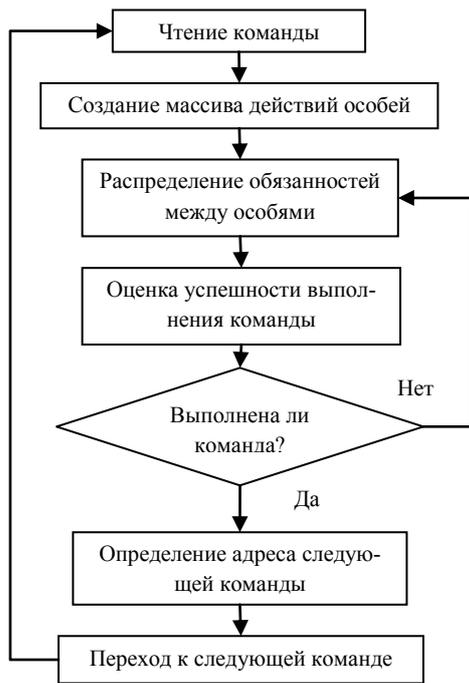


Рис. 1. Блок-схема обработки алгоритма роя

Вначале стоит рассмотреть процесс образования роя и начала работы алгоритма достижения цели роя.

1) Стадия знакомства – рой объединяется из начальных особей. На этом этапе особи запускают свои сетевые модули и ищут возможности для соединений. Этап продолжается до наступления внешнего сигнала, означающего следующий этап.

2) Начало выполнения программы роя. По заранее условленному сигналу, доступному всем особям, начинается выполнение программы роя. Алгоритм выполнения задачи загружается в память и начинает выполняться.

При выполнении алгоритма роя необходимо решать следующие задачи:

- 1) обеспечить синхронное выполнение команд особями;
- 2) обеспечить реакцию роя на гибель особи – поиск замены погибшей особи, участвовавшей в той или иной команде;
- 3) обеспечить распределение обязанностей в рое.

Первая задача может быть решена с помощью механизма синхронизации особей и обмена по сети особыми сообщениями. В результате весь рой находится в синхронизированном состоянии и гибель одной или нескольких особей не может привести к остановке выполнения алгоритма роя.

Вторая задача разрешается с помощью распространения по сети специального сообщения о гибели особи. Гибель особи детектируется по отсутствию сетевого отклика от нее в течение некоторого времени. За некоторое конечное время весь рой узнает о потере и может начинать поиск замены погибшей особи.

Третья задача является наиболее сложной для решения. Для распределения обязанностей каждая из особей вычисляет особую функцию – инициативу особи. Инициатива – аналог функции приспособленности в генетических алгоритмах. Однако, в нашем случае инициатива – это мера приспособленности особи не к выживанию, а выполнению некоторого действия. Однако в отличие от функции приспособленности инициатива содержит случайную часть, что приводит к тому, что ее значения могут отличаться даже для одинаково приспособленных особей. В процессе принятия решения особи обмениваются своей инициативой и пересылают наибольшие инициативы своих соседей далее, и составляют таблицу лучших инициатив роя, хранящуюся в каждой особи. В тот момент, когда содержимое таблицы перестанет изменяться, наступает равновесие и прекращается обмен инициативами. Особи, нашедшие свои имена в таблице, отправляются выполнять задание.

В процессе выполнения происходит контроль успешности, и в случае проблем (гибель особи или неудачный подбор численности) происходит набор новых особей для выполнения задачи, и так, пока команда не будет успешно выполнена.

Таким образом, с помощью свойств показанного алгоритма, реализуются все требования к рюю, поставленные нами ранее:

- 1) Устойчивость реализуется за счет базового навыка удержания особи в рюю, а также перераспределения обязанностей в случае гибели особи
- 2) Уровень масштабируемости ограничивается лишь длиной цепочки передачи данных при оценке инициатив роботов. В худшем случае, когда каждая особь имеет максимум по две связи, из них можно составить регулярный кольцевой граф, из чего станет видно, что количество связей, разделяющих две особи, не превышает числа особей в рюю. В случае, если связность больше двух, таких связей будет меньше. Таким образом, максимальный путь прохождения данных растет не быстрее чем первая степень числа роботов.
- 3) Неразрывность обеспечивается базовыми навыками робота
- 4) Однородность обеспечивается одинаковым ПО каждого робота и его конструкцией.

Список литературы

1. de Castro, Leandro N.; Timmis, Jonathan (2002). *Artificial Immune Systems: A New Computational Intelligence Approach*. Springer. pp. 57–58.
2. X.-S. Yang; S. Deb (December 2009). "Cuckoo search via Lévy flights". *World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing (NaBIC 2009)*. IEEE Publications. pp. 210–214
3. Yang X. S., (2008). *Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms*. Frome: Luniver Press

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОЗНАЧНЫХ АЛФАВИТОВ ПРИ ТЕСТИРОВАНИИ КОМБИНАЦИОННЫХ СХЕМ

Селиванов П.Е., Безрукова Е.М.

Научный руководитель: Буркатовская Ю.Б., к. ф.-м. н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: 8v91@sibmail.com

В практике проектирования ЭВМ накоплен огромный опыт по синтезу различных схем. Такие устройства как дешифраторы, шифраторы, схемы сравнения, комбинационные сумматоры, коммутаторы и др. являются комбинационными схемами, применение которых очень развито в современном проектировании цифровых устройств. Одной из главных проблем при создании схем является проверка их правильной работоспособности – нахождение неисправностей или тестирование. Генерация проверяющих тестов для комбинационных схем цифровых систем является сложной как в математическом, так и в техническом плане задач. При генерации тестов требуется максимально соблюдать 4 условия:

- максимальная полнота теста;
- максимальная эффективность;
- минимально затрачиваемое процессорное время;

- низкая сложность алгоритма.[1]

В двоичном алфавите хорошо моделируется статическое поведение логических схем для установившихся значений сигналов. Однако двоичные модели не учитывают переходные процессы, возникающие при изменении значений входных сигналов и обусловленные временными характеристиками элементов. Кроме того, их использование вынуждает рассматривать отдельно исправную и неисправную схемы. В силу этого получили распространение алфавиты большей значности.

В основе многозначных алфавитов, используемых в логическом моделировании и генерации тестов, лежит классический двоичный алфавит $\{0,1\}$, образующий вместе с базисными логическими функциями булеву алгебру B_2 . Существует два способа получения новой многозначной логики путем расширения некоторой исходной логики (A, F) (где $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$ – произвольный k -значный алфавит, $F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ – множество k -значных функций n переменных) до более мощной по значности логики (\tilde{A}, \tilde{F}) . [2] При первом способе новый алфавит \tilde{A} получается как подмножество некоторого декартового произведения исходного алфавита $A: \tilde{A} \subseteq A \times A \times \dots \times A$. Второй способ заключается в том, что новый алфавит \tilde{A} является некоторым множеством подмножеств элементов исходного алфавита: $\tilde{A} \subseteq 2^A$. Произвольный элемент \tilde{a}_i алфавита \tilde{A} образуется как неупорядоченное подмножество элементов алфавита $A: \tilde{a}_i = a_{i1} \cup a_{i2} \cup \dots \cup a_{ij}$, где $a_{ij} \in A$.

В качестве базового алфавита принимается четырехзначный алфавит $B_4 = \{0, D', D, 1\}$. Элементы алфавита B_4 имеют следующую интерпретацию: $0(1) = 00(11)$ – значения сигналов равны; $D'(D) = 01(10)$ – значения сигналов различны в разных технических состояниях ДУ или в различные моменты времени. На основе алфавита B_4 вторым способом строится 16-значный алфавит B_{16} (таблица 1). Для решения поставленной задачи 16-значный алфавит является базовым, так как его элементы отображают все основные возможные ситуации, возникающие на линиях схемы.

Элемент	Подмножество B_4	Кодирование			
		x^0	$x^{D'}$	x^D	x^1
\emptyset	$\{\emptyset\}$	0	0	0	0
1	$\{1\}$	0	0	0	1
D	$\{D\}$	0	0	1	0
G1	$\{D \cup 1\}$	0	0	1	1
D'	$\{D'\}$	0	1	0	0
F1	$\{D' \cup 1\}$	0	1	0	1
D*	$\{D' \cup D\}$	0	1	1	0
D1	$\{D' \cup D \cup 1\}$	0	1	1	1
0	$\{0\}$	1	0	0	0
C	$\{0 \cup 1\}$	1	0	0	1
F0	$\{0 \cup D\}$	1	0	1	0
H	$\{0 \cup D \cup 1\}$	1	0	1	1
G0	$\{0 \cup D'\}$	1	1	0	0
E	$\{0 \cup D' \cup 1\}$	1	1	0	1
D0	$\{0 \cup D' \cup D\}$	1	1	1	0
u	$\{0 \cup D' \cup D \cup 1\}$	1	1	1	1

Таблица 1. Элементы 16-значного алфавита.

При тестировании с использованием 16-значного алфавита для каждой линии в исправной и неисправной схеме возможны четыре комбинации значений сигналов:

00 - 0 в исправной схеме, и 0 в неисправной (соответствует символу 0 универсального алфавита B_{16});

11 - 1 в исправной схеме и 1 в неисправной (символ 1 алфавита B_{16});

10 - 1 в исправной схеме и 0 в неисправной (символ D алфавита B_{16});

01 - 0 в исправной схеме и 1 в неисправной (символ D' алфавита B_{16});

Изначально неизвестно, какие именно из этих четырёх комбинаций могут присутствовать для данной неисправности, поэтому в начале построения теста предполагается, что на каждой линии схемы возможны все 4 комбинации - максимально возможная неопределённость. Суть методов генерации тестов в многозначных алфавитах заключается в том, что, используя свойства структуры схемы и знания местоположения неисправностей далее, исключаются ненужные или невозможные комбинации. То есть, в процессе генерации тестов неопределённость постепенно снимается и значения 0, 1 на внешних входах схемы, которые получаются в результате снятия неопределённости, определяют проверяющий тест для данной неисправности. При снятии неопределённости для произвольной линии схемы возможны различные ситуации, описываемые универсальным 16-значным алфавитом B_{16} .

Во всех структурных методах, использующих многозначные алфавиты, выполняются следующие основные этапы[3]:

1. Активизация данной неисправности.

При этом вносится влияние данной неисправности на соответствующей линии путем присваивания ей значения D (для неисправности типа $const=0$) или D' (для неисправности типа $const=1$).

2. D-распространение.

На данном этапе значения D или D' распространяются до одного из внешних выходов схемы. Эта процедура обеспечивает наблюдение влияния неисправности на внешних выходах.

3. Доопределение.

Определяются значения внешних входов схемы, обеспечивающих значения, получаемые на предыдущих этапах.

4. Импликация.

Используется для снятия неопределённостей на линиях схемы, которые возможны в результате присваивания некоторым линиям определённых значений.

Рассмотрим особенности выполнения основных этапов генерации тестов в универсальном алфавите B_{16} . Сначала целесообразно снять неопределённость, используя только структурные свойства схемы и значение местоположения неисправности, то есть выполнить так называемую структурную импликацию. Алфавит B_{16} представляет для этого большие возможности, чем остальные алфавиты.

Рассмотрим это на примере схемы, изображенной на рис. 1 для неисправности $x_6=0$.

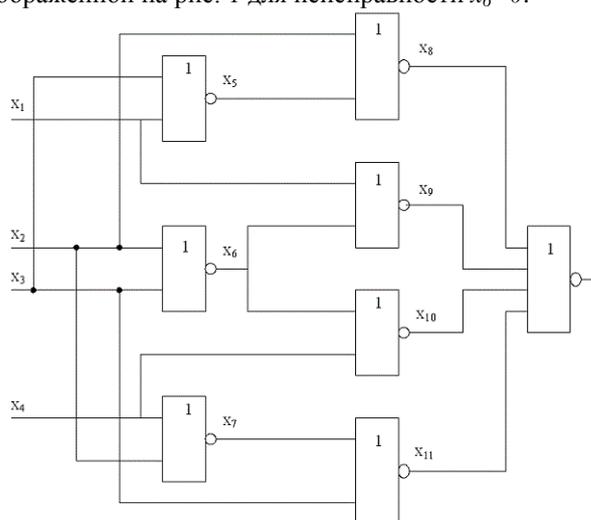


Рис.1. Иллюстрация построения теста в 16-значном алфавите.

Сначала полагаем $x_6=D$. Схема имеет один выход, поэтому полагаем $f=D^*$. Однако, здесь существует два пути от места неисправности до выхода схемы и заранее неизвестно, какой из них будет активизирован. Поэтому полагаем $x_9=i$, $x_{10}=i$. На все остальные элементы неисправность не оказывает влияния и поэтому $x_1=x_2=x_3=x_4=x_5=x_7=x_8=x_{11}=C$. После выполнения импликации, получим $x_1=x_2=x_3=x_4=0$, $x_5=x_7=1$, $x_6=D$, $x_9=x_{10}=D'$, $x_8=x_{11}=0$ и $f=D$. Таким образом, в данном случае тест находится однозначно, в отличие, например, от D -алгоритма, где необходим перебор.

Использование при генерации тестов алфавитов большой значности позволяет более точно описать возможные комбинации значений сигналов в исправном и неисправном устройстве и, следовательно, эффективней проводить активизацию путей в схеме. Повышение мощности алфавита может также уменьшить перебор вариантов при поиске решения. Например, возможны ситуации, когда построение теста в алфавите B_6 происходит с перебором, а в алфавитах большей значности тест строится без перебора. Алфавит B_{16} дает максимальное разрешение.

Список литературы:

1. Пархоменко П.П. «Основы технической диагностики». – М.: Энергия, 1976.
2. Скобцов Ю.А., Скобцов В.Ю. «Логическое моделирование и тестирование цифровых устройств». – Донецк:ИПММ НАНУ, ДонНТУ, 2005.
3. Барашко А.С., Скобцов Ю.А., Сперанский Д.В. «Моделирование и тестирование дискретных устройств». – Киев: Наукова думка, 1992.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ МЕР СОЦИАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ НАСЕЛЕНИЯ

Сидоркин В.В.

Научный руководитель: Важаев А.Н., старший преподаватель
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета, 652050, Россия, г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: sidorkinvv@gmail.com

Целью данного проекта является создание в системе «1С: Предприятие 8.2» информационной системы, предназначенной для контроля мер социальной поддержки населения.

В ходе работы была описана предметная область, создана модель, на основании которой была разработана конфигурация на платформе «1С: Предприятие 8.2».

Муниципальное казенное учреждение «Социально-реабилитационный центр для несовершеннолетних г. Юрги» - некоммерческая организация, не имеющая в качестве основной цели своей деятельности извлечение прибыли, создаваемая Юргинским городским округом, с целью максимального содействия реализации прав детей и подростков, создания условий, обеспечивающих наибольшую социализацию воспитанников, в частности, по профилактике безнадзорности и социальной реабилитации несовершеннолетних и их семей, оказавшихся в трудной жизненной ситуации, обеспечению временного проживания подростков, содействию в дальнейшем устройстве детей, оказавшихся без попечения родителей.

В структуру Учреждения включаются следующие отделения:

- приемное отделение социального приюта;
- стационарное отделение социального приюта;
- отделение дневного пребывания несовершеннолетних;
- отделение профилактики безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних;
- отделение психологической помощи с телефоном доверия;
- отделение социальной диагностики;
- отделение социальной помощи семье и детям;
- отделение медико-социальной реабилитации;
- социальная столовая;
- информационно-методическое отделение;

Центр оказывает различные социальные услуги, которые регистрируются в ручную на бумажных носителях и средствами офисных программ в электронном виде.

Обработка информации в таком виде требует длительного времени, что снижает оперативность

принятия решений, присутствует вероятность ее неточности или искажения при составлении различных отчетов, из-за человеческого фактора и ручной обработки и сортировки данных. Главным недостатком представления информации об оказываемых услугах в таком виде - невозможность оперативной отчетности различными отделениями Центра. Это приводит к проверки и перепроверки оказанных услуг на каждого льготника при оказании ему новой услуги, что в свою очередь отражается на длительном времени работы при осуществлении программ социальной помощи населению, а также в дополнительной монотонной работе сотрудников Центра и снижении производительности учреждения. Внедрение «Информационной системы контроля мер социальной поддержки» позволит в полном объеме решить данные проблемы.

В предметной области комплекса задач, к которому относится задача контроля мер социальной поддержки для Муниципального казенного учреждения «Социально-реабилитационный центр для несовершеннолетних г. Юрги», рассматриваются процессы учета оказанных социальных услуг обратившимся за помощью гражданам.

К функциям, которые должны быть реализованы в задаче учета оказанных услуг, относятся:

- Регистрация заявлений на социальную помощь;

- Регистрация фактов оказания услуг;
- Регистрация заявок на добровольную помощь и фактов их выполнения;
- Формирование подробной информации о семьях;
- Формирование необходимых отчетов по семьям, детям, заявкам и услугам.

Одной из проблем, возникающей в процессе работы Муниципального казенного учреждения «Социально-реабилитационный центр для несовершеннолетних г. Юрги» является контроль за оказанными услугами в режиме реального времени всеми отделениями Центра. Процесс составления отчетности вручную не эффективен и является достаточно рутинным. Оперативный доступ к информации позволит увеличить эффективность работы сотрудников, сократить затраты времени на выполнение работ, а следовательно, повысить работоспособность и самой организации.

Поступающие заявления от обратившихся

граждан будут регистрироваться в системе после заполнения соответствующих заявлений. Таким образом, мы будем иметь возможность получить сведения поступивших заявок.

На основании поступивших заявлений, будет оказываться социальная помощь, которая будет регистрируется в документах «Оказание услуг». Любое отделение имеет возможность посмотреть в режиме реального времени оказанные услуги других отделений за любой период.

Входная информация разделяется на условно-постоянную и оперативную информацию.

Условно-постоянная информация, необходимая для решения поставленной задачи, включает справочные данные отделений и сотрудников Центра, оказываемых услуг и обратившихся граждан. Эти данные отражены в справочниках, «Отделения», «Сотрудники», «Вид помощи», «Вид добровольной помощи», «Место учебы», «Улицы», «Физическое лицо», «Семьи», «Дети».

Входная информация, содержащая данные оперативного учета, включает данные поступивших заявлений и оказанных услуг. Эти данные отражены в документах: «Заявление», «Заявление добровольных услуг», «Оказание услуг», «Оказание добровольных услуг».

Результатная информация является важнейшей информацией, так как ради нее и создаются системы подобного класса. Результатная информация представлена в виде следующих документов и отчетов:

Документы:

1. «Заявление»
2. «Заявление добровольных услуг»

3. «Оказание услуг»
4. «Оказание добровольных услуг»

Отчеты:

1. Заявки
2. Оказанные услуги
3. Добровольные оказанные услуги
4. Взаиморасчеты по добровольным услугам
5. Полные и не полные семьи
6. Многодетные семьи с неблагоустроенным жильем
7. Семьи с ребёнком инвалидом
8. Семьи с индивидуальным жильем
9. Семьи находящиеся в социально-опасном положении
10. Семьи по количеству детей
11. Семьи по заболеваниям детей
12. Семьи находящиеся в трудной жизненной ситуации
13. Услуги семьям в трудной ситуации с детьми
14. Оказанные услуги на ребенка
15. Не оказанная помощь на детей

Декомпозиция модели «AS-TO-BE» A-0 (модель «AS-TO-BE» A0) представлена на Рис. 2.

Литература:

1. 1С:Предприятие 8. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://v8.1c.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Рязанцева Н., Рязанцев Д. 1С: Предприятие. Комплексная конфигурация. – БХВ – Петербург: Секреты работы, СПб, 2004. – 546 с.
3. Кузнецов И., Радченко М. 1С: Предприятие 8.1. Конфигурирование и администрирование. – М.: 1С Паблишинг, 2008. – 939с.

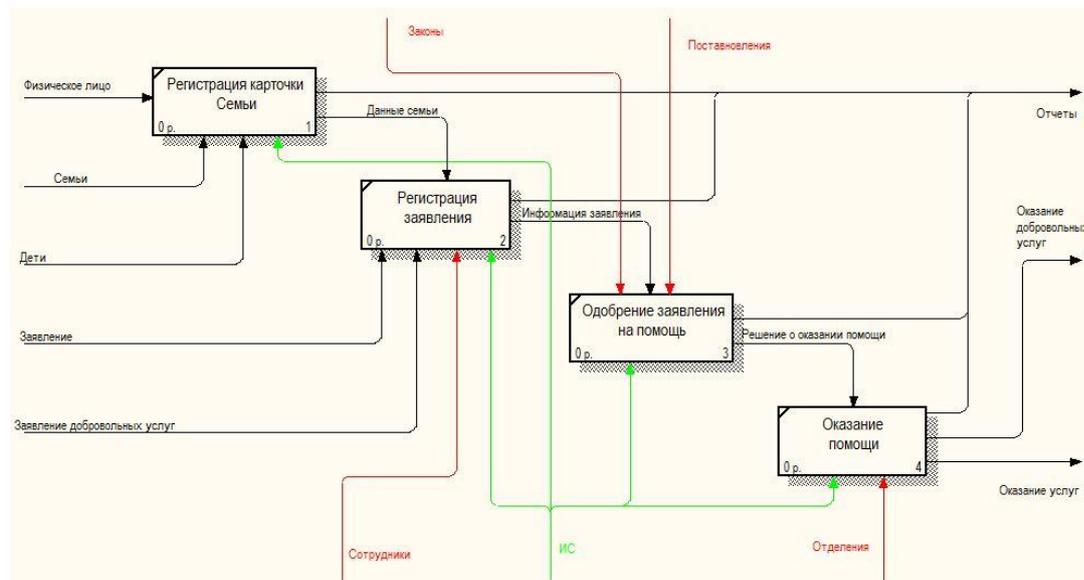


Рис. 2 – Декомпозиция модели «AS-TO-BE» A-0 (модель «AS-TO-BE» A0)

ОРГАНИЗАЦИЯ IPTV ВЕЩАНИЯ В ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

Ситало А.Д., Симонов Д.А.

Научный руководитель: Алексеев А.А., аспирант

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: dimsim686@gmail.com

Введение.

В настоящее время технологии ТВ вещания продвинулись далеко вперед. Важным шагом в развитии телевидения стала организация ТВ вещания в сетях IP. Т.к. сегодня сети IP встречаются практически в каждом доме, то IPTV технология начинает приобретать перспективный характер. Это существенно сказывается на том, что аналоговое ТВ сильно уступает свое место цифровому. На данный момент существует множество способов организации IPTV вещания в сети. Главными особенностями такого вещания являются большая интерактивность услуг по сравнению с обычным ТВ вещанием, передача информации через защищенную управляемую сеть, а так же точный анализ пользователей.

В рамках данной статьи рассматривается процесс создания макета IPTV вещания с использованием формата unicast (HTTP). На основе макета организован сбор данных для дальнейшего анализа.

Форматы вещания.

В основном в сетях IPTV используются три типа передачи, таких как unicast, multicast и broadcast.

Unicast (одноадресная передача) предусматривает индивидуальную доставку потока каждому отдельному абоненту. С технической точки зрения это реализуется достаточно просто, но отправку одного и того же канала с вещательного сервера в этом случае приходится дублировать для каждого абонента, запрашивающего его просмотр. Это приводит к неэффективной загрузке транспортной сети и высокой нагрузке на сервер.

Схема реализации вещания без использования маршрутизаторов и коммутаторов представлена на Рис. 1. В данном случае мониторинг ведется различными программными средствами.

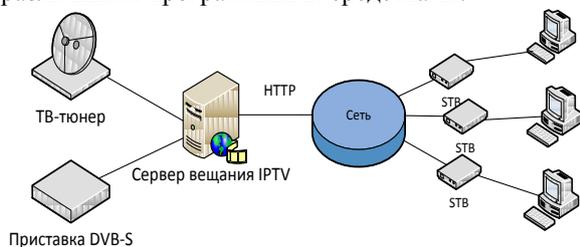


Рис. 1 Схема unicast вещания

Broadcast (широковещание) предусматривает то, что один и тот же IPTV-канал передается всем подключенным к сети абонентским устройствам. Ресурсы абонентских приставок загружаются при этом обработкой большого количества ненужных в данный момент видеопакетов. Помимо

приставок в таком режиме перегружались бы и сетевые маршрутизаторы, которые и так обычно работают с высокой нагрузкой.

Multicast (многоадресная передача) наиболее распространенная технология IPTV-вещания. В этом случае с сервера передается только одна копия ТВ-потока, который доставляется всем абонентским устройствам, пославшим запрос на его получение. Важным моментом multicast передачи является факт того, что она не предполагает отправки абонентских запросов на вещательный сервер — они доходят лишь до ближайшего маршрутизатора, на который в данный момент уже поступает требуемый ТВ-поток. Для этой цели используется протокол IGMP. [1]

Схема multicast вещания представлена на Рис. 2. В данном случае есть источник multicast потока и по средством маршрутизатора и коммутаторов поток принимают клиентские приставки STB. Вещание реализуется через протокол UDP. Особенность построения данной архитектуры сети позволяют с легкостью вести мониторинг multicast потока с помощью маршрутизатора и коммутаторов.

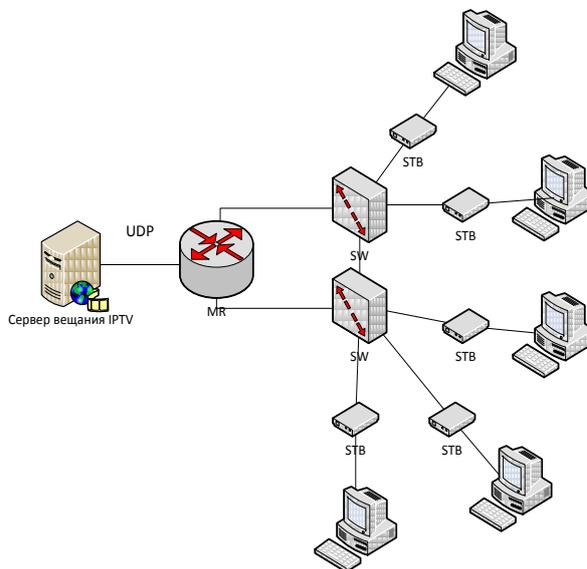


Рис. 2 Схема multicast вещания

В данном случае есть источник multicast потока и посредством маршрутизатора и коммутаторов поток принимают клиентские приставки STB. Вещание реализуется через протокол UDP. Особенность построения данной архитектуры сети позволяют с легкостью вести мониторинг multicast потока с помощью маршрутизатора и коммутаторов.

Multicast передача имеет ряд недостатков:

- Не поддерживает такие функции, как пауза, возвратили быстрая перемотка контента. Их можно реализовать только средствами абонентского приемника;
- Абонентам предоставляется ограниченный выбор — как и в классических вещательных сетях, настроиться на прием программ, вещаемых в сети в текущий момент;
- Сеть должна быть построена на маршрутизаторах с поддержкой multicast. Более того, все компоненты сети на пути от сервера к абоненту должны понимать язык multicast'a.
- Повышение загрузки маршрутизаторов. Помимо переадресации трафика на нужные порты они начинают выполнять разные дополнительные функции, такие как тиражирование видеопотоков и контроль передачи нескольких копий.
- Блокировка multicast трафика — устройства обеспечения безопасности, например, брандмауэры, часто конфигурируются на блокировку multicast приложений. [1]

Создание макета.

Для формирования статистики активности пользователей IPTV был создан макет Рис. 3., с помощью которого программными средствами собираются различные данные активности пользователей.

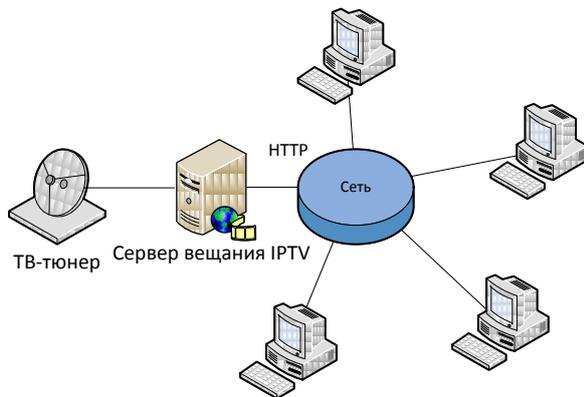


Рис. 3. Схема макета вещания

Макет состоит из таких компонентов, как устройство вещания (в нашем случае был взят TV-тюнер), сервера вещания и нескольких компьютеров, подключенных в локальную сеть и выполняющих роль клиента.

Вещание TV сигнала в сеть осуществляется (по протоколу HTTP) с помощью TV-тюнера, который подсоединен к серверной машине под управлением операционной системой Microsoft Windows Server 2008 R2. Прием потокового сигнала на клиентских станциях осуществляется с помощью программного клиента IPTV Player. Для вещания на клиентские станции был создан файл плейлиста формата M3U. Пример содержания M3U приведено в Таблица 1.

Таблица 1 Содержание файла M3U

№	Название	Содержание файла M3U
1	Первый канал	#EXTINF:-1 tv-g-shift=3 aspect-ratio=16:9 tv-g-name="Первый канал" tv-g-logo="Первый канал" group-title="Эфирные каналы"Первый канал http://@109.123.147.69:1234
2	Россия 1	#EXTINF:-1 tv-g-shift=1 tv-g-name="Россия 1" tv-g-logo="Россия 1"Россия 1 http://@109.123.147.69:1235
3	НТВ	#EXTINF:-1 tv-g-shift=0 tv-g-name="НТВ" tv-g-logo="НТВ"НТВ http://@109.123.147.69:1236

Такая организация потокового вещания позволяет использовать свободно-распространяемую библиотеку PCap для анализа сетевого трафика в нужном виде.

Библиотека позволяет создать программу анализа сетевого трафика, поступающего на сервер. Данная программа позволяет формировать список, который содержит информацию о дате и времени начала сессии, IP адресе и порте клиента, IP адресе и порте сервера, а также о количестве полученного трафика (в байтах), а так же Ugi канал. Результат работы программы представлен на Рис. 4.

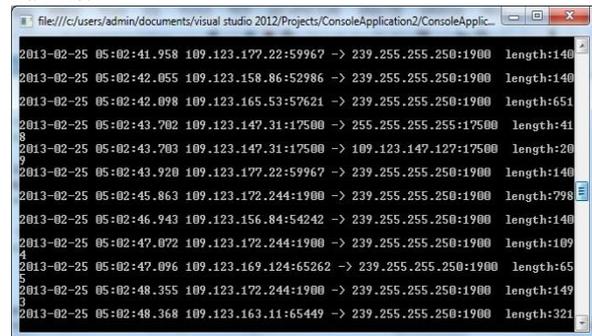


Рис. 4. Результат работы программы

Полученные с помощью программы данные будут обработаны и экспортированы в текстовый формат с последующим импортом в базу данных.

Заключение.

На текущем этапе работы был реализован макет на основе unicast вещания и настроен сбор статистики. В дальнейшем планируется организовать multicast вещание, с использованием маршрутизаторов и коммутаторов и реализовать сбор данных на уровне служб Windows.

Список литературы:

1. Бегилева А. Принципы IPTV вещания. //Теле-Спутник. – 2011. – № 10(192) Стр. 24 –25.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО МЕТОДА

Симонов П.К., Аметова Э.С.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: Sipaha@bk.ru

Введение

В современном мире системы автоматического управления (САУ) являются неотъемлемой частью повседневной жизни человека. Несмотря на разнообразие принципов функционирования и способов реализации, все САУ выполняют одинаковую задачу: обеспечивают автоматическое изменение одного или нескольких параметров объекта управления с целью установления требуемого режима его работы [1]. Составная задача проектирования САУ – получение модели поведения объекта управления. Модель может быть получена на основе знаний о структуре и физических принципах функционирования объекта либо путем проведения серии экспериментов с целью выявления особенностей поведения исследуемой системы [2]. Первый метод позволяет получать модели сравнительно простых объектов, так как с увеличением сложности объекта уменьшается точность и возрастает размерность модели. Вторым методом, обычно называемым идентификацией, используется для получения формальных моделей с заданной степенью адекватности.

Предметом дисциплин, посвященных изучению идентификации, адаптивного управления и проектирования САУ в целом, традиционно являются линейные или линеаризованные объекты и регуляторы. Тем не менее, все системы в той или иной мере проявляют нелинейное поведение, что вызывает интерес к изучению студентами методов и подходов к проектированию именно нелинейных систем.

Один из подходов к идентификации – использование искусственных нейронных сетей для построения нейросетевых моделей нелинейных динамических объектов [3].

Настоящая статья посвящена использованию нейронных сетей для решения задач идентификации систем.

Математическая модель нейрона

Биологический нейрон (рис. 1) – это специальная клетка, которая структурно состоит из ядра, тела клетки и отростков. Одной из ключевых задач нейрона является передача электрохимического импульса по всей нейронной сети через доступные связи с другими нейронами. Притом, каждая связь характеризуется некоторой величиной, называемой силой синаптической связи. Эта величина определяет, что произойдет с электрохимическим импульсом при передаче его другому нейрону: либо он усилится, либо он ослабится, либо останется неизменным [4].

Искусственный нейрон имитирует в первом приближении свойства биологического нейрона.

На вход искусственного нейрона поступает некоторое множество сигналов, каждый из которых является выходом другого нейрона. Каждый вход умножается на соответствующий вес, аналогичный синаптической силе, и все произведения суммируются, определяя уровень активации нейрона. На рис. 2 представлена модель, которая реализует эту идею. Хотя сети бывают разные, в основе почти всех лежит эта конфигурация [5].

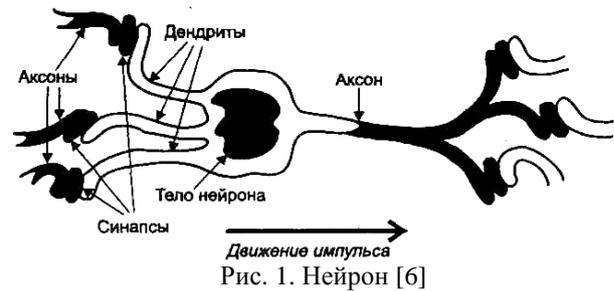


Рис. 1. Нейрон [6]

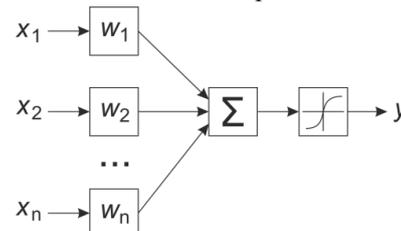


Рис. 2. Математическая модель нейрона

Программная реализация

Объект идентификации – некоторая эталонная функция $f(x)$, которая задается пользователем. Нейронная сеть в начале своей работы ничего не знает о функции $f(x)$ и в процессе обучения максимально приближается к ней.

В качестве функции активации был использован гиперболический тангенс

$$\tanh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

За основу структуры нейронной сети взят трехслойный персептрон, представленный на рис. 3. Многослойными персептронами называют нейронные сети прямого распространения, т.е. входной сигнал распространяется в прямом направлении, от слоя к слою [4].

В качестве алгоритма обучения был выбран алгоритм обратного распространения ошибки.

Обучение алгоритмом обратного распространения ошибки предполагает два прохода по всем слоям сети: прямого и обратного. При прямом проходе входной вектор подается на входной слой нейронной сети, после чего распространяется по сети от слоя к слою. В результате генерируется набор выходных

сигналов, который и является фактической реакцией сети на данный входной образ. Во время прямого прохода все синаптические веса сети фиксированы. Во время обратного прохода все синаптические веса настраиваются в соответствии с правилом коррекции ошибок, а именно: фактический выход сети вычитается из желаемого, в результате чего формируется сигнал ошибки. Этот сигнал впоследствии распространяется по сети в направлении, обратном направлению синаптических связей [4].

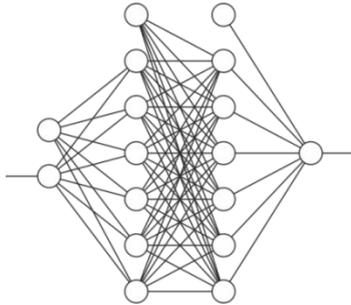


Рис. 3. Трехслойный перцептрон

Интерфейс пользователя программно-методического комплекса, реализующего обучающуюся нейронную сеть, представлен на рис. 4.

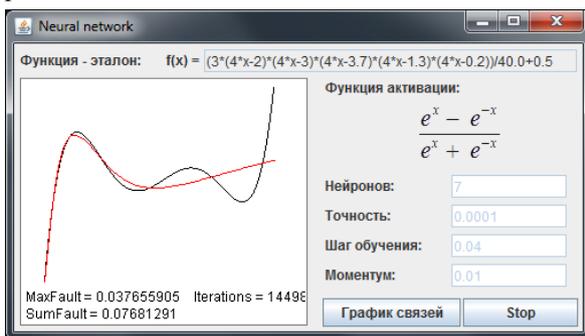


Рис.4. Внешний вид программы

Перед началом работы пользователю предлагается выбрать ряд параметров, таких как:

- Функция-эталон – целевая функция для нейронной сети;
- Нейронов – количество нейронов во втором и третьем слоях;
- Точность – максимально допустимая погрешность обучения сети;
- Шаг обучения – свойство алгоритма обратного распространения ошибки, определяющее скорость обучения.
- Моментум – свойство алгоритма обратного распространения ошибки, определяющее степень инерции скорости обучения.

Так же в процессе работы программа выводит на экран три параметра процесса обучения:

- MaxFault – максимальное отклонение от целевой функции;
- SumFault – суммарное отклонение от целевой функции;
- Iterations – количество выполненных обучающих итераций.

При нажатии на кнопку «График связей» для пользователя открывается окно, демонстрирующее структуру сети (рис. 5).

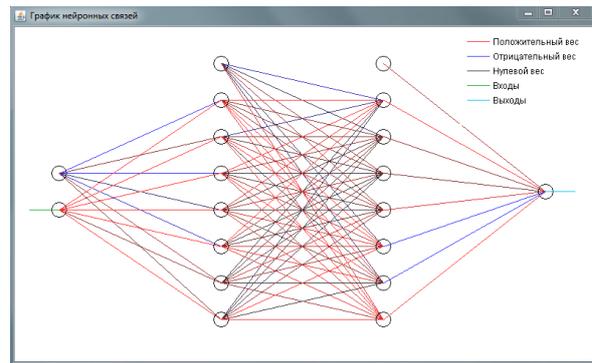


Рис. 5. Окно «График нейронных связей»

Также было разработано методическое обеспечение, которое содержит краткие теоретические сведения касательно идентификации систем и нейронных сетей, рекомендации по выбору значений параметров обучения, варианты для выполнения лабораторных работ студентов и контрольные вопросы.

Заключение

В результате проведенной научно-исследовательской работы получены следующие основные результаты:

1. Изучены принципы построения простых нейронных сетей и их применение для идентификации объектов типа «чёрный ящик».
2. Исследованы подходы к обучению нейронных сетей.
3. Разработан программно-методический комплекс для обучения студентов.

В дальнейшем предполагается использовать полученные результаты для обучения студентов по дисциплине «Идентификация и диагностика систем» по направлению 220400 – «Управление в технических системах» профиль «Управление и информатика в технических системах».

Список литературы:

1. Большой энциклопедический политехнический словарь. – Б. м.: Б. и., 2004
2. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: Пер. с англ. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – 432 с.
3. Терехов С. А. Лекции по теории и приложениям искусственных нейронных сетей. – Снежинск: Лаборатория Искусственных Нейронных Сетей НТО-2, ВНИИТФ
4. Портал искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aiportal.ru>, свободный. – Загл. с экрана
5. Нейронные сети. Часть 1. Основы искусственных нейронных сетей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/40137>, свободный. – Загл. с экрана.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОМЕЩЕНИЯ «SMART HOME»

Скударнов А.Л., Борисов В.И.

Научный руководитель: Михайлов В.В., к.т.н., с.н.с.

Томский политехнический университет, Институт Кибернетики

E-mail: skudarnov.al@gmail.com

Введение

В настоящий момент можно выделить несколько трендов развития систем автоматизации, таких как развитие типовых решений за счет универсальности функций и протоколов, высокая степень интеграции систем, а также энергосбережение. Одним из направлений таких систем является Интеллектуальное Здание, которое помогает значительно экономить энергию, обеспечивая оптимальный микроклимат в помещениях и максимальный уровень комфорта, а также обеспечивать эффективное взаимодействие всех компонентов и процессов системы. Несмотря на огромный потенциал, говорить о массовой автоматизации в России еще рано. Индивидуальный подход к каждому проекту требует больших денежных затрат, а также нехватка специалистов на рынке труда только создает пока предпосылки глобального внедрения инновационных решений [4].

Цели и задачи

В связи с нарастающим интересом к данной области, была поставлена цель данной работы: разработка учебного стенда для демонстрации студентам базовых возможностей построения интегрированных систем автоматизации зданий с возможностью дальнейшего модульного расширения функционала. Для достижения задачи были выделены основные шаги:

- 1) разработка концепции учебного стенда с выделением основных систем;
- 2) выбор технологии управления электропитанием устройств и информационного обмена;
- 3) выбор центрального блока управления;
- 4) выбор аппаратной части стенда;
- 5) создание единой системы управления с доступным интерфейсом управления;

Концепция стенда

Стенд является моделью помещения, в котором внедрена автоматизированная система управления. В автоматическом режиме система Smart Home поддерживает на нужном уровне температуру воздуха за счет нагрева и вентиляции помещения, регулирует яркость ламп в зависимости от освещенности окружающей среды, дискретно управляет светом в зависимости от присутствия/отсутствия человека в комнате, а также реагирует на утечку газа и сигнализирует об опасности возникновения пожара.

Таким образом, мы можем обозначить отдельные автоматизированные модули, используемые при построении АСУ «Smart Home»:

- система отопления и вентиляции (датчик температуры, нагреватель, вентилятор);
- пожарная сигнализация (датчик газа);
- система освещения (датчик присутствия, датчик освещенности, диммер);
- система механизации помещения (открыть или закрыть окна) (приводы).

Схема автоматизируемого помещения показана на рисунке 1.



Рис. 1. Схема расположения систем автоматизации

Управление электропитанием и информационным обменом

Центральный блок всей системы – это СУБД. СУБД хранит всю информация о значениях датчиков, состояниях реле и исполнительных механизмов, истории событий и трендов. Так же туда помещается настройка и конфигурация аппаратной части (адреса, пороги срабатывания, требуемый уровень поддержания параметров). Такой подход выбран из соображений, что любая система должна иметь доступ к параметрам соседней системы для реализации параллельной работы взаимодействующих модулей (вентиляция и отопление). Кроме того центральная база данных позволяет реализовать доступный интерфейс управления системой, так как есть доступ ко всей информации о системе в одном месте. По критериям доступности и простоты была выбрана СУБД MySQL [2].

Все датчики должны подключаться к системе с помощью открытых доступных стандартов. Сравним самые известные, мы остановились на технологии 1-wire. Это сеть, к которой можно подключить множество устройств, таких как датчики (температурные, влажности, освещенности), исполнительные ключи, счетчики, считыватели и многое другое. Все устройства

связываются между собой в самом простом случае двухпроводным кабелем. Один провод используется под данные (отсюда и название "1-wire"), а второй провод - возвратный или "Земля" (рис.1) [1].

Преимущества 1-wire:

- простая и понятная архитектура сети;
- низкие требования к кабелям;
- большая протяженность линии;
- низкая стоимость и простота компонентов;
- открытый протокол и доступное ПО для программирования;
- возможность в определенных ситуациях обходиться без питания.

Недостатки 1-wire:

- низкая скорость передачи данных;
- обязательное наличие мастера, ведущего сети.

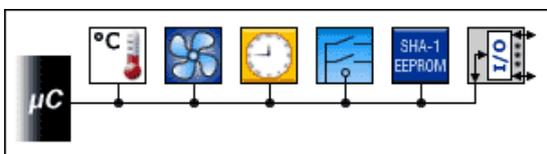


Рис. 2. Принцип подключения по технологии 1-wire

Компоненты 1-wire не могут без специального запроса посылать в сеть данные. Таким образом в данной схеме требуется Мастер, который отправляет запросы на подключенные устройства и контролирует всю работу сети. Мастером может выступать МК (микроконтроллер) или персональный компьютер, использующий специальные элементы сопряжения, позволяющие соединять 1-wire с COM-портом или USB-портом компьютера. Мы решили использовать оба варианта для организации модульного построения системы. Для ПК используем устройство сопряжения DS9490R (рис.3).

Выбор центрального блока управления

Одним из основных важных элементов системы является центральный блок управления. Выбор зависит от требований к. Учебный стенд должен обладать расширяемостью, гибкостью настроек, простоту и наглядность в реализации. Поэтому центральным блоком управления является компьютер, т.к. на его базе есть огромное разнообразие программного обеспечения для расширения функциональности, а так же ПК является законченным аппаратным средством, соединяющим в себе широкий диапазон различных элементов. Поддержание различных протоколов позволит расширять разработанную систему в дальнейшем, не ограничивая идеи студентов. Но есть системы, требующие немедленной реакции и повышенной надежности, такие как пожарно-охранная сигнализация. Эту систему мы реализовали под управлением МК STM32 Discovery. Данное решение раскрывает модульный принцип построения систем.

Интерфейс управления

Система домашней автоматизации MajorDoMo [3] представляет собой программную платформу для комплексного управления домашней автоматикой (рис. 4), а так же для информационной поддержки жизнедеятельности. Данная система может быть установлена практически на любой персональный компьютер.

В качестве основного языка для программирования сценариев используется язык программирования PHP. На этом языке пишутся сценарии реакции системы на различные события, а так же с помощью этого языка можно писать собственные модули и расширения. Для удобства в систему интегрирована возможность визуального программирования на основе проекта Google Block.



Рис. 4. Интерфейс, разработанный в MajorDoMo

Вывод

В результате был разработан и реализован учебный стенд «Smart Home». Он отображает основные моменты построения систем автоматизации зданий, а так же позволяет на своей основе расширять функциональную базу для отработки практических навыков студентов в работе с МК, исполнительными механизмами, датчиками и интерфейсами управления. Данная система очень гибка к изменениям и поэтому открыта для таких дополнений, как система распознавания лиц «свой-чужой», управление с помощью голосовых команд, реализация беспроводного дистанционного управления и т.д.

Литература:

- 1) Умный дом своими руками [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://habrahabr.ru/search/?q=%5Bумный%20дом%5D&target_type=posts
- 2) Реализация системы «Умный дом» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ab-log.ru/>
- 3) Система домашней автоматизации MajorDoMo [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://smarliving.ru/>
- 4) V Специализированная конференция "ПТА. Интеллектуальное здание Санкт-Петербург 2012" [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.pta-expo.ru/spb/smarthouse/2012/conference_program.htm

АНАЛИЗ АКТИВНОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ IPTV

Снегирева М. А., Трефилова А. И.

Научный руководитель: Алексеев А. А., аспирант

Томский политехнический Университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: militta-shoko@mail.ru

Введение

На сегодняшний день цифровое телевидение IPTV становится популярным видом, предоставляемым интернет-провайдерами, услуги и все больше пользователей активно используют данный сервис в качестве альтернативы аналоговому TV-вещанию. IPTV позволяет в режиме реального времени отслеживать пользовательскую активность, собирать статистику для дальнейшего анализа. Это позволит телеканалам оптимизировать телевизионный контент, например, исключая из вещания непопулярные передачи, а рекламодателям оценивать эффективность рекламы.

Данная статья посвящена анализу различных вариантов поведения пользователя, как основы разрабатываемой системы мониторинга активности пользователей IPTV в рамках дипломного проекта.

Анализ активности пользователей IPTV

Активность пользователей – это последовательность действий пользователя в рамках одной сессии (промежуток времени от начала просмотра до его завершения). Как известно, трансляция каналов осуществляется с помощью тв-приставки, на которую с сервера вещания передаются данные. Эти данные очень важны для регистрации, как активности пользователей, так и их поведения в той или иной ситуации, например, когда выключается или включается приставка, переключается канал и т.д.

Рассмотрим следующие варианты поведения пользователей:

- Включение и выключение телеприставки.

Одним из важных понятий считается длина сессии, а именно, как долго приставка находилась «в сессии» и «вне сессии». Случай «в сессии» определяется, как точка с момента включения приставки до момента ее выключения. Случай «вне сессии» – с момента ее последнего выключения, до непосредственного его включения. Такие данные позволяют отследить, в какое время дня пользователи наиболее активно пользуются приставкой.

На рис. 1 [1] представлено соотношение времени и скорости передачи данных, в режиме включенной и выключенной приставки, то есть, чем выше скорость в единицу времени, тем большее количество пользователей в данный момент времени просматривают телевизор.

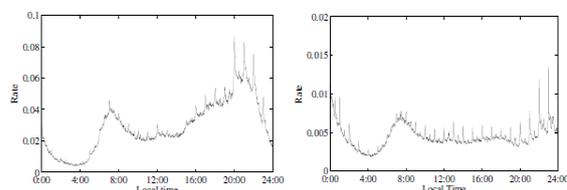


Рис. 1. Нормированные данные включенной и выключенной приставки

Из рис. 1 видно, к 4 часа утра график заметно убывает, следовательно, активность пользователей низкая, а к 9 часам вечера наоборот – заметно возрастает. Существует так же промежуточное состояние. Например, в случае включенной приставки – всплески приходят на 7 часов утра и 9 часов вечера, а в случае выключенной имеет локальные пики около 7.30 часов утра и 12 часов дня, что указывает на то, что в данный период времени человек находится на работе или учебе.

Небольшие всплески во время всего промежутка времени включенной или выключенной приставки сигнализируют о том, что некоторые пользователи просматривают только определенные конкретные передачи и выключают приставку после ее окончания.

- Переключение каналов

Помимо данных о включениях и выключениях также регистрируется смена каналов вещания пользователем. Переключение каналов можно разделить на две категории: последовательное переключение и целевое переключение. Последовательное переключение – это переключение каналов последовательно, а целевое переключение – это намеренное включение определенного канала.

- Популярные каналы

Популярность канала обычно измеряется двумя способами: частота доступа к каналу (channel access frequency) и общее количество времени, когда пользователь задерживается на определенном канале (channel dwell time) [1].

Как правило, популярные каналы просматривают в определенный промежуток времени, например, дети смотрят детские каналы или мультфильмы только днем, так как вечером они уже спят. Также есть определенные каналы, которые являются популярными только в утренние часы. На рис. 2 [1] представлен график популярности каналов в определенное время, отсортированных по группам: детские каналы, новости и записанные телепередачи.

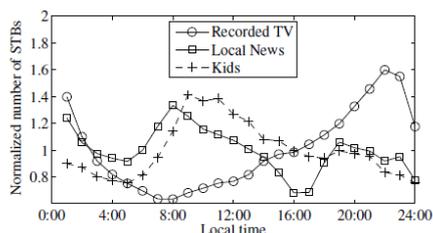


Рис. 2. Изменение по времени популярных каналов

Из графика видно, что новости пользователи смотрят чаще утром, а в течение остального времени просматривают меньшее количество, детские каналы смотрят в первой половине дня, а записанные телепередачи только вечером.

Формат собираемых данных

Наиболее известный способ получения данных о пользователях, их предпочтениях, частоте и времени просмотра используется обычный опрос пользователя. Для того что бы автоматизировать процесс сбора и анализа необходимо разработать специальное программное обеспечение.

Прежде всего, необходимо определиться с минимальными сведениями, которые должны быть получены и представлены в требуемом формате в зависимости от необходимого анализа.

Для организации сбора данных при Unicast вещании необходимо получение данных, представленных в таблице 1.

Таблица 1. Структура данных Unicast вещания

Поле	Описание	Тип данных
Date	Дата начала сессии	Дата
Time	Время начала сессии	Время
IP_client	IP адрес клиента	Текст
IP_server	IP адрес сервера	Текст
Port_client	Номер порта клиента	Число
Port_server	Номер порта сервера	Число
URI_Quer	Часть URI, представляющая собой запрос, отправленный клиентом серверу	Текст

Для организации при Multicast вещании необходимо получение данных, представленных в таблице 2.

Таблица 2. Структура данных Multicast вещания

Поле	Описание	Тип данных
Name	Название устройства	Текст
Interface	Интерфейс соединения	Текст
Id_message	Индекс сообщения	Число
Time	Время сообщения	Время

Продолжение табл. 2

Router	Маршрутизатор (сетевое имя)	Текст
Message_type	Тип сообщения	Текст
Error_code	Код ошибки сообщения	Текст

Для определения популярных каналов необходимо получать перечень данных, представленных в таблице 3.

Таблица 3. Структура данных по телеканалам

Поле	Описание	Тип данных
IP	IP канала	Текст
Port	Номер порта канала	Число
URI	URI канала (если Unicast вещание)	Текст
Name	Название канала	Текст
Max_client	Максимальное количество клиентов	Число
Average_client	Среднее количество онлайн клиентов за интервал времени	Число

Исходя из вышеупомянутых требований, формируются требования к разработке базы данных для сбора информации по пользователям IPTV. Таким образом, чем больше данных собирается, тем больше сведений о клиентах, соответственно, можно составить более подробную картину активности пользователей IPTV.

Заключение

На основании проведенного анализа сделан вывод, что поведение пользователей разделяется на три варианта поведения пользователей: включение/выключение канала, переключение канала и выявление популярных телеканалов.

В зависимости от каждой рассматриваемой модели, используемые данные могут быть различны. Существуют пользователи, которые просматривают только конкретные программы или каналы, так же существуют пользователи, которые не имеют особых предпочтений и переключают каналы последовательно. Также в ходе анализа было рассмотрена различная аудитория пользователей: дети и взрослые и в зависимости от аудитории определены предпочтения в выборе передач. В дальнейшем, исходя из требований к данным, планируется разработать базу данных, в которую будут собираться данные о пользователях IPTV.

Список литературы:

1. Understanding a large-scale IPTV Network via system logs. P. 85 – 93. [Электронный ресурс] – Режим доступа: свободный. https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/41228/qiu_tongqing_201108_phd.pdf

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ФОРМАТОВ IDF И STEP ПРИ ЭКСПОРТЕ ИЗ САПР ALTIUM DESIGNER В SOLIDWORKS

Снегирев М.В., Аметова Е.С

Научный руководитель: Яковлева Е.М., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
smaxim@tpu.ru

Введение

Успешная деятельность значительной части фирм и коллективов в промышленно развитых странах во многом зависит от их способности накапливать и перерабатывать информацию. Сегодня без компьютерной автоматизации уже невозможно производить современную сложную технику, требующую высокой точности. Во всем мире происходит резкий рост компьютеризации на производстве и в быту. Внедрение компьютерных и телекоммуникационных технологий повышает эффективность и производительность труда. Отставание в области высоких технологий может привести к превращению страны в сырьевой придаток.

В наши дни наблюдается быстрое развитие систем автоматизированного проектирования (САПР) в таких отраслях, как авиастроение, автомобилестроение, тяжелое машиностроение, архитектура, строительство, нефтегазовая промышленность, картография, геоинформационные системы, а также в производстве товаров народного потребления, например бытовой электротехники. САПР в машиностроении используется для проведения конструкторских, технологических работ, в том числе работ по технологической подготовке производства. С помощью САПР выполняется разработка чертежей, производится трехмерное моделирование изделия и процесса сборки, проектируется вспомогательная оснастка, например штампы и пресс-формы, составляется технологическая документация и управляющие программы (УП) для станков с числовым программным управлением (ЧПУ), ведется архив. Современные САПР применяются для сквозного автоматизированного проектирования, технологической подготовки, анализа и изготовления изделий в машиностроении, для электронного управления технической документацией. [1]

Целью работы является исследование передачи информации из комплексной системы автоматизированного проектирования радиоэлектронных средств Altium Designer в механическую САПР Solid Works в форматах STEP и IDF.

Altium Designer — это система, позволяющая реализовывать проекты электронных средств на уровне схемы или программного кода с последующей передачей

информации проектировщику ПЛИС или печатной платы. Отличительной особенностью программы является проектная структура и сквозная целостность ведения разработки на разных уровнях проектирования. Иными словами изменения в разработке на уровне платы могут мгновенно быть переданы на уровень ПЛИС или схемы и так же обратно. Так же в качестве приоритетного направления разработчиков данной программы стоит отметить интеграцию ECAD и MCAD систем. Теперь разработка печатной платы возможна в трёхмерном виде с двунаправленной передачей информации в механические САПР (SolidWorks, Pro/ENGINEER и др.)

SolidWorks – система автоматизированного проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности и назначения. Она представляет собой инструментальную среду, предназначенную для автоматизации проектирования сложных изделий в машиностроении и в других областях промышленности.

SolidWorks является системой гибридного (твердотельного и поверхностного) параметрического моделирования, она предназначена для проектирования деталей и сборок в трёхмерном пространстве (3-D проектирования), а также для оформления конструкторской документации. [2]

Одно из наиболее крупных достижений разработчиков Altium Designer – это возможности программы по импорту/экспорту данных. В данной статье рассматривается экспорт данных в САПР SolidWorks в форматах STEP и IDF.

Стандарт обмена данными моделей в продуктах (Standard for the Exchange of Product Model Data, STEP) — это стандарт ISO для представления рабочих данных продуктов в понятной компьютеру форме (это данные САПР, а также метаданные) и обмена ими. STEP часто используется для обмена данными 3D модели между разнородными системами САПР.

Export SDRC-IDF Brd Files (*.brd) – формат IDF, для передачи трехмерных моделей платы и компонентов, для последующей разработки сборки узла в механической САПР. [2]

Экспорт данных в форматах STEP и IDF

Необходимо рассмотреть два способа экспорта данных. В качестве примера была взята, созданная в САПР Altium Designer плата мультивибратора (рис. 1).

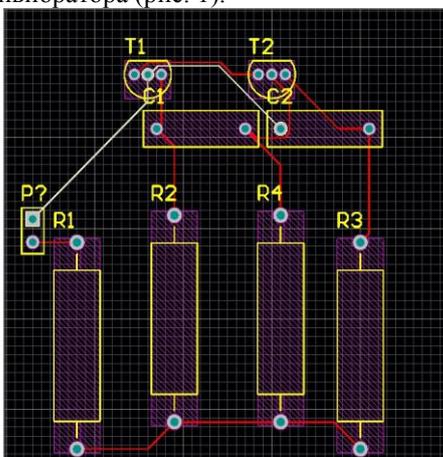


Рис.1 Плата мультивибратора в Altium Designer

Проект платы был сохранен в двух форматах: в формате STEP и в формате IDF, которые, в свою очередь, были экспортированы в САПР SolidWorks.

Открыв файл в формате IDF, была получена 3D модель мультивибратора (рис. 2).

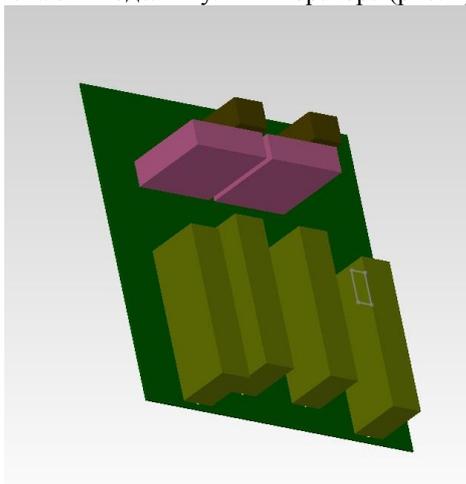


Рис.2 3D модель формата IDF мультивибратора в SolidWorks

При исследовании данного формата, было выявлено, что файлы IDF содержат основную информацию о форме платы, положении и размере отверстий с металлизацией и отверстий без металлизации, а также о размещении и основной форме компонентов. Компоненты взаимосвязаны с платой, что исключает их форматирование и перемещение. Формат IDF не обеспечивает полное представление собранной печатной платы. Его назначением не является полное описание функций и электрических свойств собранной печатной платы. Поэтому формат IDF следует использовать в качестве механизма преобразования эскизов собранной печатной платы в другую или в качестве

механизма для координирования компоновки печатной платы с системами производства, сборки, тестирования и детального документирования.

Далее был исследован формат STEP, 3D модель которого значительно отличается от модели формата IDF (рис. 3).

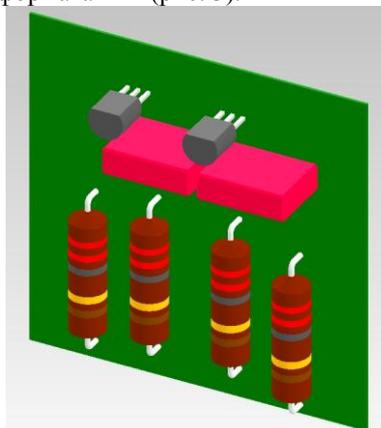


Рис.3 3D модель формата STEP мультивибратора в SolidWorks

При исследовании данного формата, было выявлено, что файлы STEP передают информацию о геометрии тела, цветах тела, граней и кривой, а также информацию о топологии. Следовательно, формат STEP следует использовать для обмена точными данными, долговременного хранения и доступа, сертифицированной поставки данных, междисциплинарным обменом данных.

Заключение

Современные предприятия имеют большие потребности в использовании САПР, которые используются в разных направлениях. Каждое направление имеет свои требования, которые не могут быть реализованы в одной структуре, что говорит о разных видах САПР.

В качестве примера в статье рассмотрена плата мультивибратора, экспортированная в разных форматах в САПР. На его основе были выявлены особенности форматов, их применение, из достоинства и недостатки. Экспорт файлов значительно упрощает работу в проектировании и создании плат.

Литература

1. Журнал «САПР и графика» 9'2000, Актуальность применения САПР в машиностроении, Эдуард Берлинер
2. Сабунин А.Е. Altium Designer. Новые решения в проектировании электронных устройств. — М.: Солон-Пресс, 2009. — С. 432.
3. Официальный сайт (компания-партнер «SolidWorks Russia» – <http://www.solidworks.ru/>;

АНАЛИЗ ПОНЯТИЯ «АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ»

Станкевич Ф.В.

Научный руководитель: Мирошниченко Е.А., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: f.stankevich@mail.ru

В настоящее время не существует однозначного определения понятия «архитектура программного обеспечения», каждый автор дает свое толкование. В данной работе был произведен кластерный анализ 26 определений из авторитетных источников. Была сделана попытка выделить общие понятия и на основе их дать наиболее полное определение термина «архитектура программного обеспечения».

Изначально термин «архитектура» применялся в строительной области, который означает искусство проектировать, строить здания и др. сооружения (и их комплексы) [1]. Под архитектурой также понимают облик зданий и сооружений, а также сами здания и сооружения собираются [2][3]. Затем этот термин был заимствован инженерами. В техническом смысле архитектура — это концептуальная структура, инженерное описание. Сейчас этот термин используется в компьютерных областях, в том числе в разработке программного обеспечения.

Стандарт ANSI/IEEE 1471-2000is дает следующее определение: «Архитектура — это фундаментальная организация системы, реализованная в ее компонентах, связях этих компонентов друг с другом и внешней средой и принципах, определяющих структуру и развитие системы» [4].

Для сравнения приведем еще два других определения: «Архитектура — это множество важных решений об организации программной системы, выбор структурных элементов из которых состоит система и их интерфейсов, вместе с поведением определенным как взаимодействие между ними, объединение этих элементов в подсистемы; архитектурный стиль, который помогает их организации — это элементы, их интерфейсы, взаимодействие и состав» [5]. «Архитектура — это абстрактная спецификация системы, содержащая в основном функциональные компоненты, описанные с точки зрения их поведения и интерфейсов, а также взаимодействия между компонентами» [6].

Как мы можем заметить, рассмотренные определения имеют как сходство, так и некоторые различия.

Для того чтобы понять что является общим для всех определений, а в чем авторы расходятся, необходимо провести количественный анализ понятий, входящих в состав определений. Для анализа было выбрано 26 определений, среди них выделены понятия, которые встречаются более чем в одном определении.

Результаты анализа отражены в следующей таблице:

Таблица 1. Понятия, входящие в состав определения «архитектура программного обеспечения»

Понятие /определение	Кол-во
1. Структура и организация системы	13
2. Элементы	9
3. Компоненты	12
4. Модули	3
5. Части	4
6. Элементы соединения	2
7. Взаимодействие между частями	12
8. Интерфейсы	5
9. Отношения и связи между частями	8
10. Поведение, динамическая структура	5
11. Распределение функций на структуру	2
12. Функциональная декомпозиция	3
13. Физическое распределение элементов	3
14. Ограничения, правила накладываемые на систему	6
15. Требования заинтересованных сторон, свойства которые должна обеспечивать система	6
16. Важные проектные решения	3
17. Обоснование проектных решений при выборе из нескольких возможных	2
18. Масштабируемость	4
19. Производительность	5
20. Развитие во времени	2
21. Стиль	3

В таблице 1 используются следующие понятия:

Система — это набор компонентов, объединенных для выполнения определенной функции или набора функций [7].

Модуль — это часть программного кода, имеющий согласованный набор ответственностей [8].

Компонент — это вычислительный элемент или хранилище данных, работающий под управление программно-аппаратного обеспечения [8].

Элемент — это архитектурный строительный блок (компонент, соединение, модуль) [8].

Стиль (архитектурный стиль) — это специализация элементов и типов связей, вместе с ограничениями на их использование [8].

Понятие «элемент» является более общим понятием, следовательно, мы можем объединить понятия «компонент», «элемент соединения», «модуль», «часть» в понятие «элемент».

Отношение, связь — это определение того, как элементы взаимодействуют во время работы системы. Следовательно, группу «отношения и связь

между частями» можно объединить с группой «взаимодействие между частями» так как под этими терминами подразумевается одно и то же понятие.

Также можно объединить понятия «производительность» и «масштабируемость», так как масштабируемость является средством достижения производительности.

Результаты анализа после объединения понятий приведены в следующей таблице:

Таблица 2. Понятия, входящие в состав определения «архитектура программного обеспечения» (после объединения)

Понятие	Кол-во
1. Структура и организация системы	13
2. Элементы системы	24
3. Взаимодействие между элементами системы	18
4. Интерфейсы элементов системы	5
5. Поведение, динамическая структура системы	5
6. Распределение функций на структуру	2
7. Функциональная декомпозиция	3
8. Физическое распределение элементов системы	3
9. Ограничения, правила накладываемые на систему	6
10. Требования заинтересованных сторон, свойства которые должна обеспечивать система	6
11. Важные проектные решения	3
12. Обоснование проектных решений при выборе из нескольких возможных	2
13. Масштабируемость и производительность	5
14. Развитие во времени	2
15. Стиль	3

Понятия, приведенные в таблице 2, могут быть разбиты на пять следующих кластеров:

I. Статическая структура:

1. Структура и организация системы
2. Элементы системы
3. Интерфейсы элементов системы
4. Физическое распределение элементов системы

II. Динамическая структура

1. Взаимодействие между элементами системы
2. Поведение, динамическая структура системы
3. Развитие во времени

III. Функции

1. Распределение функций на структуру
2. Функциональная декомпозиция

IV. Требования

1. Ограничения, правила накладываемые на систему
2. Требования заинтересованных сторон, свойства которые должна обеспечивать система
3. Масштабируемость и производительность

V. Решения

1. Важные проектные решения
2. Обоснование проектных решений при выборе из нескольких возможных

3. Стиль

На основе проведенного анализа можно определить, что под понятием «архитектура» подразумеваются важные проектные решения и их обоснование, структура и организация системы. Структура системы в свою очередь делится на статическую и динамическую. В статическую структуру входят элементы системы вместе с их интерфейсами, а также физическое распределение этих элементов. Под динамической структурой подразумевается взаимодействие элементов между собой и с внешними системами, а также ответственность элементов за функции системы. При разработке архитектуры учитываются требования заинтересованных сторон, ограничения и правила, накладываемые на систему, в их числе производительность и масштабируемость. Архитектура создается в соответствии с выбранным архитектурным стилем, то есть специализацией элементов и типов связей, вместе с ограничениями на то, как они могут использоваться.

В данной работе был рассмотрено понятие «архитектура программного обеспечения» и проведен кластерный анализ определений данного термина. В ходе анализа были рассмотрены 26 определений известных в сфере разработке программного обеспечения авторов и стандартов. Среди определений были выделены общие понятия, произведен их количественный и качественный анализ. Понятия были разбиты на пять групп, на основе которых была сделана попытка дать наиболее полное определение понятия «архитектура программного обеспечения».

Список использованных источников

1. Лапина И., Маталина Е. и др. Большой энциклопедический словарь, АСТ, 2008.
2. Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка, М.: ИТИ Технологии, 2006.
3. Большая советская энциклопедия. Т.2, М.: "Советская энциклопедия", 1970.
4. ANSI/IEEE Std 1471-2000, *Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems*, 2000.
5. Philippe Kruchten, *The Rational Unified Process: An Introduction*, Third Edition, Addison-Wesley Professional, 2003.
6. Domain-Specific Software Architecture program, Hayes-Roth, 1994.
7. Object Management Group Inc., *UML 2.0 Infrastructure Specification: Document number 03-09-15*, 2003.
8. Software Engineering Institute <http://www.sei.cmu.edu/architecture/start/glossary/>, дата доступа: 19.02.2013.

УСТРОЙСТВО СОПРЯЖЕНИЯ С ОБЪЕКТОМ ДЛЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Таскаев Р.И., Окружко А.С., Рудницкий В.А.

Научный руководитель: Рудницкий В.А., к.т.н, доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: taskayev@tpu.ru

Идентификация объекта — это определение его характеристик, а так же выявление приложенных к нему воздействий и его реакции с помощью наблюдения за его входами и выходами и статистической обработки полученных данных[1].

Программно-аппаратная идентификация включает в себя комплекс аппаратных платформ и программных продуктов для снятия характеристик с объекта управления, обработки получаемых данных, их дальнейшей передачи на ЭВМ, а так же предоставление полученных данных в удобной для оператора форме.

Трудности реализации данной задачи заключаются в том, что датчики в большинстве систем вырабатывают аналоговые сигналы (напряжение, заряд или ток), и для подключения к вычислительному оборудованию необходимо использовать и создавать специальные устройства для согласования и преобразования аналоговых сигналов в цифровые прежде, чем они могут быть введены в ЭВМ. Устройство решающее данную проблему получило название «Устройства сопряжения с объектом» или просто УСО[2].

Для сборки устройства сопряжения с объектом необходимо выбрать подходящий для решения поставленных задач микроконтроллер с подходящими техническими и аппаратными характеристиками. Для реализации поставленной задачи была выбрана плата Arduino Uno.

Прежде, чем проводить испытания с реальным объектом необходимо произвести все необходимые расчеты и произвести симуляцию данного процесса.

Так как нашей задачей является снятие характеристик переходного процесса, то для проведения симуляции нам идеально подойдет обычная RC-цепочка.

RC-цепочка — это цепь состоящая из конденсатора и резистора. Здесь с резистором все просто, его задача ограничивать ток, а вот с конденсатором немного посложнее. У него есть интересное свойство — когда он разряжен то ведет себя почти как короткое замыкание — ток через него течет без ограничений, устремляясь в бесконечность. А напряжение на нем стремится к нулю. Когда же он заряжен, то становится как обрыв и ток через него течь перестает, а напряжение на нем становится равным заряженному источнику. Получается интересная зависимость — есть ток, нет напряжения, есть напряжение — нет тока. Пример интегрирующей RC-цепи показан на рисунке 1.

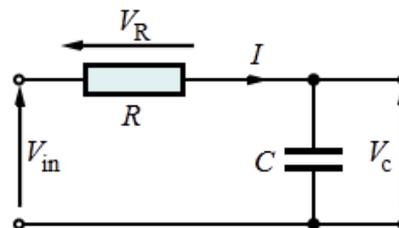


Рис. 1. RC-цепь интегрирующего типа

Теперь разберемся от чего зависит скорость зарядки конденсатора. В идеальных условиях, когда у нас бесконечно мощный источник напряжения с нулевым внутренним сопротивлением, идеальные сверхпроводящие провода и абсолютно безупречный конденсатор — этот процесс будет проходить мгновенно, с временем равным 0, равно как и разряд.

Но в реальности всегда существуют сопротивления, явные — вроде резистора или неявные, такие как сопротивления проводов или внутреннее сопротивление источника напряжения. В этом случае скорость заряда конденсатора будет зависеть от сопротивлений в цепи и емкости конденсатора, а сам заряд будет идти по экспоненциальному закону, пример графика приведен на рисунке 2.

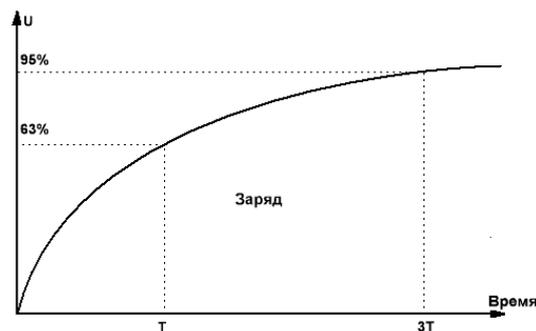


Рис. 2. График скорости заряда конденсатора

У этого закона есть пара характерных величин:

- T — постоянная времени, это время при котором величина достигает 63% от своего максимума;
- $3T$ — при трехкратной постоянной времени значение достигает 95% своего максимума.

Постоянная времени для RC-цепи:

$$T = R * C.$$

Из данной формулы следует, что чем меньше емкость, тем быстрее конденсатор заряжается. Если сопротивление равно нулю, то и время заряда равно нулю[3].

Рассчитаем за сколько зарядится на 95% связка конденсаторов общей емкостью 13.8uF через резистор 10 кОм:

$$T = R * C = 10^4 * 13.8 * 10^{-6} = 0.138 \text{ с};$$

$$3T = 0.138 * 3 = 0.414 \text{ с.}$$

Для построения модели и проведения симуляции была выбрана среда для проектирования электронных схем PROTEUS VSM. Отличительной чертой данного пакета является возможность моделирования работы программируемых устройств: микроконтроллеров и микропроцессоров - это основная причина, по которой был выбран данный комплекс.

Для проведения эксперимента в среде PROTEUS VSM была собрана модель платы Arduino Uno и RC-цепь с показателями указанными выше. Собранный модель показана на рисунке 3.

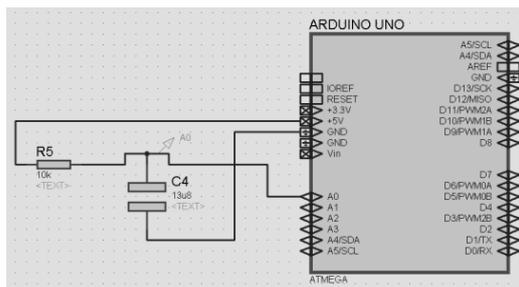


Рис. 3. Модель RC-цепи и Arduino Uno в Proteus VSM

Теперь запрограммируем нашу модель Arduino таким образом, чтобы показания снимались с RC-цепи с дискретизацией в 0,01 секунду, а полученные данные записывались в отдельный файл на компьютере.

Построим график полученных значений:

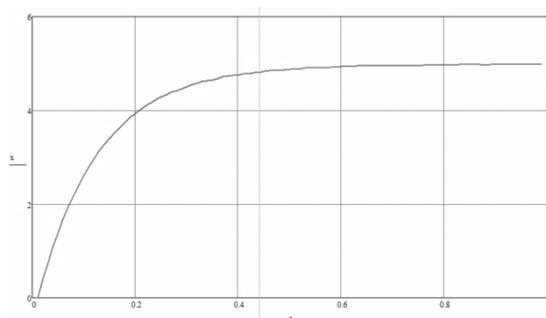


Рис. 4. График смоделированного переходного процесса

Как видно из графика переходный процесс протекает по экспоненциальному закону в момент времени 0.138 с значение напряжения равно 3.24 В, что соответствует 65% от 5 вольт, а в момент времени равный 0.414 с значение напряжения равняется 4.77 В, что соответствует 95% от максимально возможного напряжения.

После симуляции приступим к снятию показаний с реальной платы и RC-цепочки.

Запрограммируем Arduino Uno таким же образом, как и модель. Построим график полученных значений и сравним его с графиком полученным на этапе моделирования:

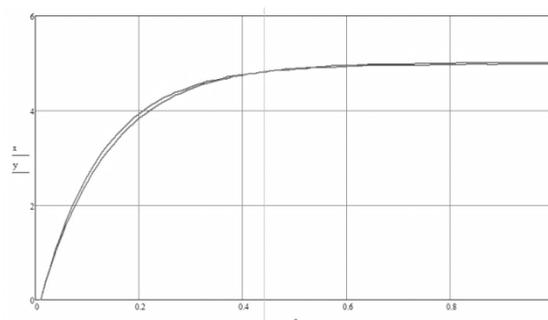


Рис. 5. Графики реального и смоделированного переходных процессов

Из графиков видно, что смоделированная переходная характеристика и характеристика, полученная с реальной RC-цепочки, отличаются незначительно, погрешность составляет не более 4%.

Заключение

Разработка данного устройства является недорогим и перспективным направлением. В дальнейшем планируется произвести снятие характеристик с реального объекта, например электродвигателя, и, с помощью специальных программных средств, получить передаточную функцию переходного процесса на основе полученных данных.

Список литературы

1. Дилигенская А.Н. Идентификация объектов управления. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т., 2009. – 136 с.
2. С. В. Каменский, А. Б. Жуков Проектирование устройств сопряжения с объектом. – Новосибирск: НГТУ, 2006. - 24 с.
3. Конденсатор и RC цепочка | Электроника для всех. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://easyelectronics.ru/kondensator-i-rc-cepochka.html>

ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ ПОЛЕЙ ВЕКТОРОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

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

При исследовании деформационного поведения образцов конструкционных материалов оптико-телевизионным методом [1] одним из основных факторов, лимитирующих получение оценки деформации, является приращение внешней нагрузки, обуславливающее изменение рельефа на поверхности. В случае, когда изменение последнего между двумя соседними сопоставляемыми изображениями достаточно велико, наблюдается заметное изменение яркости его элементов. В этом случае, сопоставить участки начального и текущего изображений не представляется возможным. В связи с этим, применение традиционных алгоритмов определения перемещений становится нерешаемым, т.к. нет возможности корректно построить векторное поле, либо отдельные вектора на нем.

Исследования в данном направлении развиваются в следующих направлениях: 1) метод корректировки смещений с учетом анализа последовательности изображений через итеративные алгоритмы и 2) пространственно-временную фильтрацию, которую можно применять в комплексе с уже известными алгоритмами определения перемещений. Известны работы в этом направлении [2, 3], авторы которых решают схожие проблемы. Так в [2] для нахождения оптического потока предложены два подхода: 1) reference-frame approach (RFA) и 2) incremental difference approach (IDA). Данные подходы заключаются в минимизации суммы разницы, накапливающейся между несколькими последовательно зарегистрированными кадрами: RFA – предыдущим, текущим и последующим кадрами, IDA – между смежными кадрами. По результатам проведенных авторами статьи [2] исследований RFA и IDA сделаны выводы о превосходстве данных подходов над таковыми, предложенными Lucas-Kanade [4] и Irani [3].

В настоящей работе была поставлена задача разработки алгоритма определения перемещений на изображениях, характеризующихся заметным изменением рельефа, и проведения сопоставительных исследований помехоустойчивости функционирования такого алгоритма при обработке серий модельных и экспериментально полученных оптических изображений.

Комбинированный алгоритм. В работе предлагается комбинированный алгоритм,

использующий классический корреляционный подход для определения перемещений с пиксельной точностью [5] и алгоритм Lucas-Kanade [4, 6] для уточнения перемещения до долей пиксела. Такое сочетание обусловлено, прежде всего, хорошей помехоустойчивостью корреляционного алгоритма при нахождении больших перемещений и точностью дифференциального алгоритма Lucas-Kanade при нахождении перемещений с субпиксельной точностью. Также, в наших исследованиях наблюдалось, что алгоритм Lucas-Kanade в значительно меньшей степени приводит к эффекту peak-locking.

Комбинированный инкрементный алгоритм.

Для устранения ошибок определения перемещений, связанных с формированием деформационного рельефа и др. процессов на поверхности материала, предложено оценивать смещение участков соседних изображений в серии с учетом таковых, найденных для предыдущих пар изображений. Таким образом, проводится слежение за перемещением одного и того же участка поверхности, который изменяется во времени. Положение участка оценивается с субпиксельной точностью. Поскольку изменения между соседними изображениями в серии значительно меньше, чем между начальным и текущим изображениями, то помехоустойчивость и точность определения перемещений значительно возрастает. Положение искомого участка на предыдущем изображении (относительно текущего в серии) определяется с субпиксельной точностью, поэтому необходимо найти значения яркости пикселей этого участка, что осуществляется с использованием B-сплайн интерполирования. С одной стороны такой подход сопряжен с возникновением накопленной ошибки определения перемещения, что связано с суммированием ошибок при сравнении каждой последующей пары изображений, с другой стороны, накопленная ошибка достаточно мала вследствие применения процедуры интерполирования.

Проведены сравнительные исследования на модельных и экспериментальных данных, которые показали (рис. 1), что разработанный алгоритм эффективен при оценке перемещений на поверхности материала в условиях значительных приращений деформации.

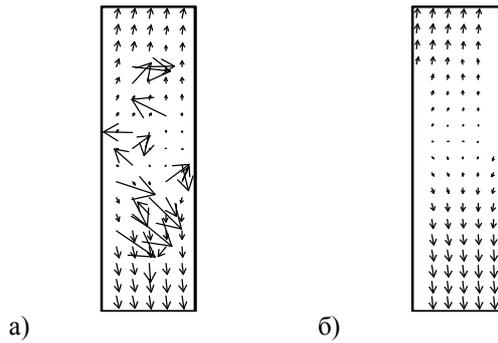


Рис 1. Векторные поля, полученные алгоритмами: а) комбинированным; б) инкрементным

Для получения количественной оценки «точности» определения перемещений предложено рассчитывать нормированное минимальное среднеквадратическое отклонение (СКО) в окне σ_{min} , которое характеризует минимальную величину разброса значений векторов в окне заданного размера при сканировании одного и того же поля:

$$\sigma_{min} = \min_k \left\{ \frac{1}{2} \left[\sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m (x_{n_{ij}} - \bar{x})^2} + \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m (y_{n_{ij}} - \bar{y})^2} \right] \right\}$$

$$x_n = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}, y_n = \frac{y_i - y_{min}}{y_{max} - y_{min}}, k = (w - m + 1) * (h - m + 1)$$

где x и y – значения компонент векторов, x_{min} , x_{max} , y_{min} , y_{max} – минимальные и максимальные значения соответствующих компонент векторных полей; \bar{x} , \bar{y} – среднеарифметические значения нормированных компонент векторов в заданном окне $m \times m$.

При сравнении графиков, приведенных на рис. 2 а и б, становится очевидным подобие в характере изменения σ_{min} для модельной и экспериментальной серии изображений: в обоих случаях при достижении определенного количества кадров число некорректных векторов начинает заметно увеличиваться. Это приводит к росту показателя σ_{min} , что связано с формированием деформационного рельефа и значительными изменениями отражательной способности материала.

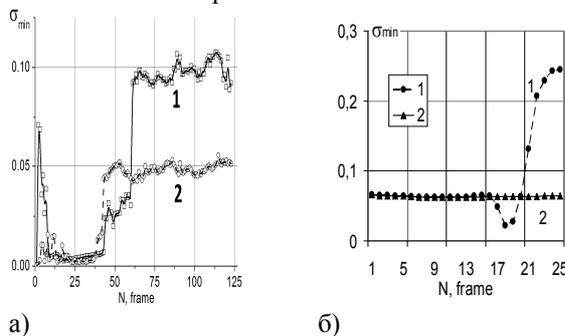


Рис 2. График изменения величины σ_{min} (б, в) в окне (8×8): а) для эксперимента; б) для модели; 1 – для комбинированного алгоритма; 2 – для инкрементного алгоритма.

Выводы

В отличие от классического корреляционного алгоритма (либо комбинированного, описанного в данной работе), в которых оценка перемещений производится без учета изменений на поверхности материала предложенный алгоритм обладает достаточной помехоустойчивостью для оценки перемещений во всем диапазоне приращения деформации.

Показана эффективность предложенного инкрементного алгоритма при анализе серий модельных и экспериментально полученных изображений поверхности в условиях значительного изменения деформационного рельефа.

Основным недостатком предложенного алгоритма является незначительная по величине ошибка, которая последовательно накапливается от пары к паре изображений. Такая ошибка сравнительно невелика, но, по всей видимости, при значительно более длинных сериях изображений она будет существенно возрастать.

Исследование алгоритмов на серии модельных изображений, характеризующих изменение профиля поверхности, показало, что при существенном изменении деформационного рельефа ошибка оценки перемещений комбинированным алгоритмом резко возрастает, в отличие от инкрементного алгоритма.

Список литературы

1. В.И. Сырякин, С.В. Панин. Оптико-телевизионный метод исследования поведения и диагностики состояния нагруженных материалов и элементов конструкций. Вычислительные технологии. 2003. Т. 8 (специальный выпуск). С. 10-25.
2. Chia-Ming Wang, Kuo-Chin Fan, Cheng-Tzu Wang, Estimating Optical Flow by Integrating Multi-Frame Information, Journal of Information Science and Engineering, Vol. 24 No. 6, 2008, pp. 1719-1731.
3. M. Irani, Multi-Frame Optical Flow Estimation Using Subspace Constraints, Seventh International Conference on Computer Vision (ICCV'99) – Vol. 1, 1999, pp. 626-633.
4. Bruce D. Lucas, Generalized Image Matching by the Method of Differences. doctoral dissertation, tech. report, Robotics Institute, Carnegie Mellon University, July, 1984.
5. Любутин П.С., Панин С.В. Исследование точности и помехоустойчивости построения векторов перемещений при оценке деформаций оптико-телевизионным методом. Вычислительные технологии, 2006. Т. 11, №2, С. 52-66.
6. B. D. Lucas and T. Kanade. An iterative image registration technique with an application to stereo vision, Proceedings of Image Understanding Workshop, 1981, pp. 121-130.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЛАЧНОСТИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Евсюткин Т. В.¹, Тунгусова А. В.²

Научный руководитель: Астафуров В. Г., д-р физ.-мат. наук, профессор

¹Институт оптики атмосферы имени В.Е. Зуева СО РАН,

634021, Томск, площадь Академика Зуева, 1

²Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40

E-mail: a.v.tungusova@gmail.com

Существует множество научных и практических задач в лесном и сельском хозяйствах, в области метеорологии, экологии и авиации, которым необходима информация о типах облачности над определенными участками земли. Решение задачи классификации облачности предоставляет специалистам возможность отслеживать пространственно-временную изменчивость облачных образований, что является мощным инструментом исследования процессов, протекающих в атмосфере. Фотоснимки облачности, получаемые со спутников, дают целостную картину распределения облаков над обширными территориями. Это позволяет по характеру рисунка изображения на снимках изучать неоднородности облачного покрова различного масштаба.

Внешний вид и структура облаков являются главными отличительными признаками в современной морфологической классификации облачности. Согласно действующему метеорологическому стандарту облачность различных ярусов классифицируется сетью метеостанций по 27 разновидностям, включающим основные типы, подтипы и их сочетания.

Необходимость автоматизации процедуры классификации облачности по спутниковым снимкам является следствием того, что классификация облачности специалистами - метеорологами требует значительных временных и финансовых затрат. Для осуществления такой процедуры необходимы характерные признаки для каждого типа облачности, которые можно выразить количественно и сформировать критерий для классификации. Изображения различных типов облачности можно охарактеризовать количественно с помощью текстурных признаков - некоторых статистических характеристик локального участка изображения.

Наиболее известным и эффективным способом описания текстуры изображений является метод статистического подхода к описанию текстуры Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM). Задачей метода является перевод визуальных свойств текстуры дополнительными методами обработки изображений в количественные дескрипторы таким образом, чтобы они могли быть использованы для описания облачности. Он описывает текстуру изображения на основе двумерной матрицы смежности яркости пикселей.

Целью данной работы является реализация алгоритма классификации изображений облачности по спутниковым данным с помощью вероятностной нейронной сети (ВНС) на основе текстурных признаков. Стоящую перед нами задачу классификации можно охарактеризовать следующим образом. Имеется два набора изображений - эталонные образцы (далее «обучающая выборка») и тестовая выборка - преимущественно с одним типом облачности, для которых известно, к какому типу они относятся. Эти изображения для различных типов облаков получены путем сопоставления архивных данных метеостанций со спутниковой съемкой. Требуется построить алгоритм, способный определять тип облачности на тестовой выборке и других спутниковых снимках, основываясь на имеющейся информации - то есть, указать номер (или наименование) класса, к которому относится данный участок снимка.

В данной работе используются спутниковые снимки MODIS с разрешением 250 метров.

ВНС классифицирует изображения на основе оценок их сходства с эталонными образцами. Формальным правилом при этом является то, что класс с большей плотностью распределения вероятностей в области неизвестного образца (входного вектора значений текстурных признаков) будет иметь преимущество по сравнению с другими классами. ВНС учится оценивать функцию плотности вероятности посредством ядерной аппроксимации плотности каждого класса в окрестности классифицируемого объекта.

Восстановить плотность по обучающей выборке можно только с некоторой погрешностью. Чем она короче, тем выше шансы «подогнать» распределение под конкретные данные и столкнуться с эффектом переобучения. Наиболее универсальным методом является локальная непараметрическая оценка Парзена-Розенблатта, в соответствии с которой для каждого учебного образца x рассматривается некоторая весовая функция, которая еще имеет название функции потенциала или ядра

$$\hat{p}_h(x) = \frac{1}{mV(h)} \sum_{i=1}^m K\left(\frac{\rho(x, x_i)}{h}\right),$$

где x - входной вектор, x_i - вектор-образец, $\rho(x, x')$ - метрика в пространстве X ,

соответствующая расстоянию между x и x_i , $K(z)$ - неотрицательная, убывающая на функция, называемая ядром, h - положительный параметр, называемый шириной окна, $V(h)$ - нормирующий множитель, гарантирующий, что

$$\int_x \widehat{p}_h(x) dx = 1.$$

Фактически, эта формула вытекает из самого определения плотности: плотность в точке x пропорциональна числу обучающих объектов, попадающих в сферу радиуса h с центром в x . В данной работе в качестве ядерной функции используется упрощенная функция Гаусса:

$$K(x) = \exp\left(\frac{-\|x - x_i\|^2}{2\sigma^2}\right),$$

где $x_i - i$ - i -ый эталонный образец, $i = \overline{1, L}$, x - неизвестный образец, σ - параметр, который задаёт ширину ядерной функции Гаусса и определяет её влияние.

Надлежащий выбор значения параметра сглаживания σ является критичным для эффективности ВНС. Если значение σ небольшое, то плотность концентрируется вблизи обучающих образцов, и функция плотности вероятностей будет испытывать резкие скачки. Однако, если значение σ большое, то детали плотности будут размыты.

Исследование по работе с нейронной сетью было разделено на 2 части – классификация 14 типов облачности, имеющих уникальную текстуру на снимках с разрешением 250 метров, и классификация только перистой облачности. Отдельное исследование перистых облаков связано с наибольшей сложностью их обнаружения на спутниковых снимках, что обусловлено их малой оптической толщиной.

В обучающей выборке для каждого типа облачности было получено 25 изображений формата “.bmp” размером 21×21 пиксель.

В данной работе исследуются следующие 14 типов облачности: Высококучевые кучевообразные (*Ac cuf*) и волнистые (*Ac und*), высокослоистые (*As*), кучево-дождевые «Лысье» (*Cb calv*) и «Волосатые» (*Cb cap*), перистые (*Ci*), перисто-кучевые (*Cc*), перисто-слоистые (*Cs*), кучевые (*Cu*), слоисто-дождевые (*Ns*), слоисто-кучевые кучевообразные (*Sc cuf*) и волнистые (*Sc und*), слоистые (*St*), кучевые и слоисто-кучевые (*Cu&Sc*). Для их классификации используются следующие текстурные признаки: контраст, дисперсия, суммарная дисперсия, энтропия разности, дисперсия разности, максимальная вероятность.

Для классификации подтипов перистой облачности: когтевидные (*Ci unc.*), хлопьевидные (*Ci floc.*), хребтовидные и перепутанные (*Ci vert.&int.*) используются следующие текстурные признаки: контраст, корреляция, суммарная

дисперсия, энтропия разности, кластерная рельефность, второй угловой момент, информационная мера корреляции 1, информационная мера корреляции 2, максимальная вероятность.

Для решения задачи классификации реализована программная система на языке программирования C#. На вход программы подается изображение со спутникового снимка произвольного размера, которое сканируется скользящим окном размером 21×21 пиксель. Для каждого положения скользящего окна рассчитывается набор текстурных признаков и определяется отклик нейронной сети, определяющий принадлежность выделенного фрагмента к конкретному типу облачности. Центральный пиксель скользящего окна перекрашивается в цвет, который был заранее назначен для каждого типа облачности. Результатом является изображение, на котором каждый пиксель закрашен в цвет соответствующего типа облачности.

Тестирование ВНС проводилось по 25 изображениям каждого типа облачности, размер которых совпадал с размером эталонов: 15 из обучающей выборки и 10 из тестовой.

Проведен анализ влияния коэффициента сглаживания на результаты работы сети. Эмпирическим путем было установлено, что оптимальное значение параметра сглаживания равно $\sigma = 0.0015$, а для перистой облачности $\sigma = 0.01$.

В таблице 1 представлены результаты классификации типов облачности при $\sigma = 0.0015$. В столбце «число верных результатов» первое число – это количество верно классифицированных изображений, взятых из обучающей выборки, число после знака «||» – это количество верно классифицированных изображений, взятых из тестовой выборки.

Таблица 1 – Результаты классификации

Тип облаков	Число верных результатов
Ac cuf	14 3
Ac und	14 3
As	11 8
Cb calv	14 4
Cb cap	13 4
Cc	11 5
Ci	15 4
Cs	12 5
Cu	13 7
Cu&Sc	11 6
Ns	13 5
Sc cuf	13 6
Sc und	11 6
St	15 7

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ И ПОСЕЩЕНИЯ РЕСУРСОВ ОБУЧАЮЩЕЙ СРЕДЫ MOODLE

Туралина Н.В.

Научный руководитель: Молнина Е.В., старший преподаватель
Юргинский Технологический Институт Томского Политехнического Университета
E-mail: nina.turalina@yandex.ru

Кафедра Информационных систем является новатором в ЮТИ ТПУ в сфере применения сетевых учебно-методических комплексов дисциплин (СУМКД) в образовательном процессе института. Обработка преподавателями информации по работе студентов с СУМКД (статистика, результаты тестирования, своевременность отправки отчетов и пр.) занимает много времени, утомительна и превращается в рутинный труд. Для оперативной и эффективной работы преподавателей кафедры автором была разработана информационная система для анализа работы студентов с СУМКД. Входной информацией ИС являются результаты тестирований и статистика работы с ресурсами в виртуальной обучающей среде Moodle, представляющей собой веб-приложение для онлайн обучения.

ИС реализована на платформе 1С 8.2 Предприятие. Загрузка данных осуществляется из файлов Excel, которые заранее выгружаются из Moodle. Это очень удобно, т.к. ручной ввод большого объема данных является довольно трудоемкой работой. Для загрузки данных в систему используется типовая обработка «ЗагрузкаДанныхИзТабличногоДокумента.erf». В дальнейшем эти данные обрабатываются, систематизируются, проверяются и хранятся. Таким образом, реализуется интеграция двух сред: Moodle и 1С.

Описание предметной области можно представить в виде концептуальной модели:



Рис.1. Концептуальная модель

Загрузка данных проходит в несколько этапов:

1. Установка режима запуска ИС «Толстый клиент»;
2. Открытие в режиме 1С: Предприятие внешнего файла обработки «ЗагрузкаДанныхИзТабличногоДокумента.erf»;
3. Выбор режима и объекта загрузки (например, «Загрузка в справочник», вид справочника «Студенты и преподаватели»);
4. Открытие во вкладке «Табличный документ» файла Excel, содержащего данные для загрузки в систему;

5. Установка параметров загрузки на вкладке «Настройка»;

6. Нажатие кнопки «Загрузить» в правом нижнем углу и получение сообщения об удачной загрузке;

7. Возврат режима запуска «Тонкий клиент» и проверка наличия новых данных в системе.

Интерфейс внешнего файла обработки загрузки выглядит следующим образом:

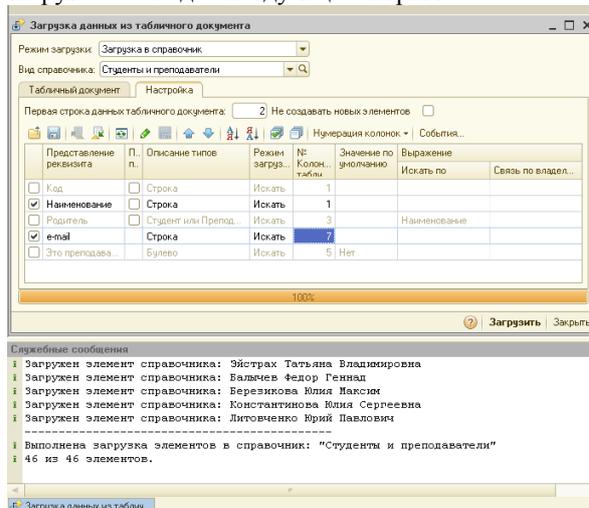


Рис.2. Загрузка данных в систему

Информационная система содержит следующие объекты:

1. Справочники: «Студенты и преподаватели» (предназначен для хранения информации о студентах и преподавателях); «Учебные курсы» (предназначен для хранения информации об учебных курсах); «Тесты» (предназначен для хранения данных о тестах);

2. Документы: «Статистические данные» (содержит записи о действиях с учебными курсами пользователями в системе Moodle); «Результаты тестирования» (фиксирует результаты тестов, пройденных студентами);

3. Регистры: сведений «Работа с курсами» (предназначен для хранения данных о работе пользователей с учебными курсами, заполняется автоматически при проводке документа «Статистические данные»); накопления «Должники по тестам» (предназначен для хранения информации о задолженностях студентов по тестированию, заполняется автоматически при проводке документа «Результаты тестирования»).

ИС выдает следующую выходную информацию в виде отчетов:

1. Количество задолженностей (предназначен для вывода количества должников с возможностью сортировки по группам, тестам и курсам);

2. Реестр документов Результаты тестирования (предназначен для удобного отображения списка документов с дополнительной информацией по тестам и курсам);

3. Рейтинг оценок (предназначен для вывода отсортированного списка оценок с возможностью отбора по группам, тестам, курсам);

4. Активность пользователей (предназначен для выявления наиболее активных пользователей с возможностью наглядной демонстрации результатов);

5. Посещение ресурсов (предназначен для выявления наиболее посещаемых ресурсов с возможностью наглядной демонстрации результатов);

6. Участники курсов (предназначен для отображения пользователей, записанных на тот или иной учебный курс).

Отчеты могут формироваться как в виде таблиц, так и в виде диаграмм. Пользователю предоставлена возможность настройки периода отчетности и отбора сведений по категориям.

Интерфейс программного продукта представлен на рисунках 3-7:

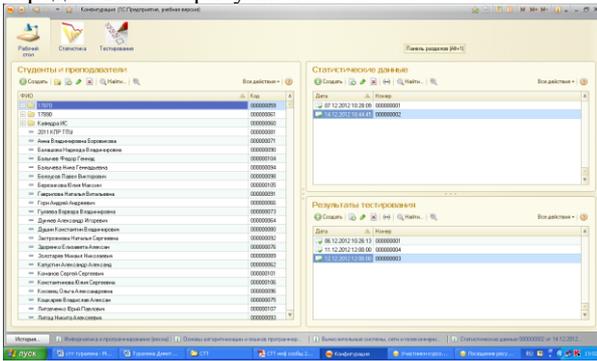


Рис.3. Интерфейс рабочего стола ИС

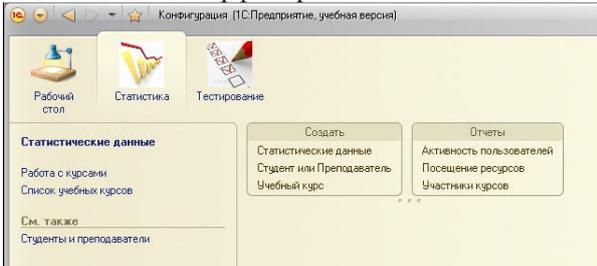


Рис.4. Интерфейс подсистемы «Статистика»

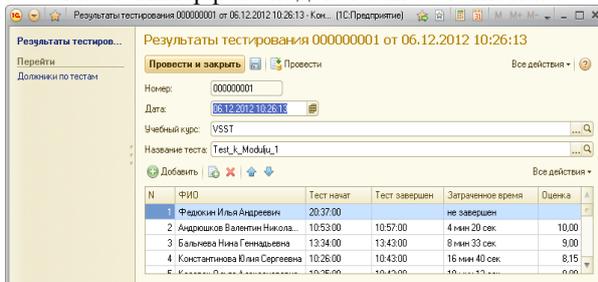


Рис.5. Интерфейс документа «Результаты тестирования»

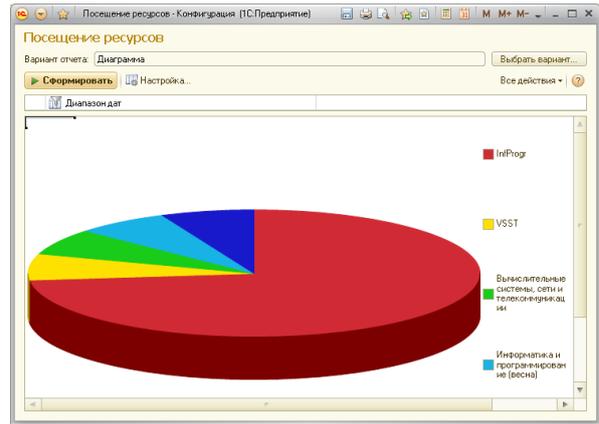


Рис.6. Отчет «Посещение ресурсов»

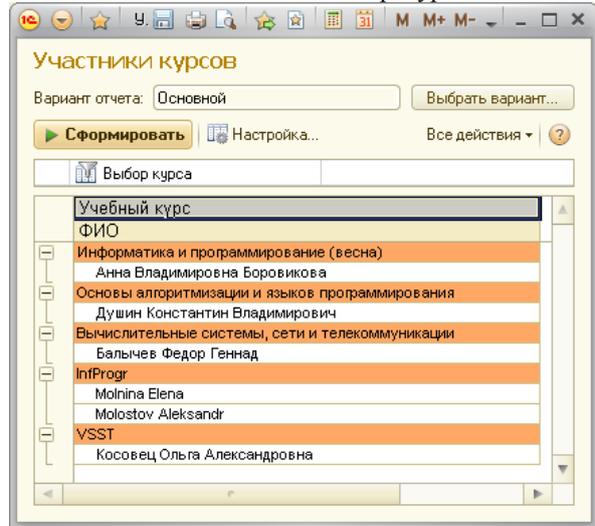


Рис.7. Отчет «Участники курсов»

Созданная конфигурация ИС: Предприятие данной предметной области позволила автоматизировать работу преподавателей кафедры информационных систем. ИС позволяет не только хранить данные о работе студентов в виртуальной среде, но и анализировать их успеваемость, контролировать процесс изучения дисциплин.

Планируется развитие ИС до системы поддержки принятия решений, рекомендуемой маршрут прохождения курса. Рассматривается возможность загрузки в систему курсовых, дипломных и прочих работ студентов и их проверка на плагиат.

Список литературы:

1. А.Н. Важдев Технология создания информационных систем в среде 1С: Предприятие: учебное пособие / А.Н. Важдев. – Юрга: Издательство Юргинского технологического института (филиал) Томского политехнического университета, 2007. – 132 с.
2. М.Г.Радченко 1С Предприятие 8.2 Практическое пособие разработчика. Примеры и типовые примеры / М.Г. Радченко, Е.Ю. Хрусталева.- М.: ООО «1С-Паблишинг», 2009. - 874с.

ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ST ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ISAGRAF ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ

Усольцева И.И.

Научный руководитель: Скороспешкин В.Н., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: i.i.usoltseva@mail.ru

В настоящее время трудно представить какой-либо технологический процесс без автоматической или автоматизированной системы управления (АСУ ТП). Это вытекает из того, что АСУ ТП обеспечивает качественные контроль и управление технологическим процессом, а также оптимизацию экономических затрат.

Современные АСУ ТП строятся на базе промышленных микропроцессорных контроллеров. На практике широко используются контроллеры серии Ремиконт, Протар, Эмикон, КРОСС, КРОСС-500, ТРАССА-500 и др.

Разработка АСУТП представляет собой достаточно сложную и трудоемкую работу, требующую высокую квалификацию специалистов, занимающихся проектированием и наладкой таких систем. При этом современный специалист должен обладать навыками программирования контроллеров и создания программ визуализации с помощью различных SCADA-систем.

В связи с этим, в данной работе представлен лабораторный комплекс для изучения языка программирования ST для современных контроллеров. 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.

Данный лабораторный комплекс (см. рисунок 1) состоит из контроллера КРОСС-500, аналогового вычислительного комплекса АВК-6, системы сигнализации и персонального компьютера, играющего роль операторской станции. В качестве объекта управления используется математическая модель САУ, набранная на аналоговом вычислительном комплексе АВК-6.

Контроллер КРОСС-500 состоит из центрального блока процессора, модулей УСО (модуль ввода-вывода дискретных сигналов DIO1-8/8, модуль ввода-вывода аналоговых сигналов AIO1-8/4), модуля питания АС 220/5, терминальных блоков (Т1-DIO, Т1-AIO) и соединителей (С1-А, С1-D).

Блок центрального процессора связан с модулями ввода/вывода (УСО) шиной SPI. Модуль УСО AIO1-8/4 поддерживает связь с объектом управления (АВК-6) через терминальный блок Т1-AIO. Терминальный блок Т1-AIO соединяется с АВК-6.

Питание комплекса производится от сети переменного тока 220 В. Модуль питания АС 220/5 преобразует входное напряжение 220 В в напряжение 5 В, питающего шину SPI.

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.

Блок центрального процессора соединен с операторской станцией посредством интерфейса Ethernet, что позволяет оператору управлять лабораторным комплексом посредством ряда программ, реализующих системы автоматического контроля, сигнализации, защиты, программного управления и импульсного регулирования.

Программирование контроллера осуществляется в среде ISaGRAF на языках, предусмотренных стандартом МЭК 61131-3, а именно:

1. Язык управляющих последовательностей (SFC);
2. Язык функциональных блоков (FBD);
3. Язык релейной логики (LD);
4. Структурированный текст (ST);
5. Язык инструкций (IL).

Наиболее удобным для реализации программ малой и средней сложности является

язык ST [1,2], поскольку, будучи похожим на язык программирования Pascal, он по своей семантике наиболее приближен к традиционным языкам программирования высокого уровня. Этот язык разработан для процессов автоматизации и используется в основном для создания сложных процедур, которые не могут быть легко выражены при помощи графических языков. Создание программ представляет собой запись строк программ, состоящих из алфавитно-цифровых символов. Язык структурированного текста имеет «выходы» во все остальные языки, что делает его универсальным в применении разными категориями пользователей.

В связи с тем, что самостоятельное изучение языка программирования ST весьма трудоемкий процесс, и при этом требует больших затрат времени, комплекс содержит методические пособия по выполнению 3

лабораторных работ, включающих в себя описание языка, примеры программ реализации функций контроля, управления, а также набор методических указаний по их выполнению.

Таким образом, использование результатов данной работы позволит студентам изучить наиболее широко используемый на практике язык программирования ST промышленных контроллеров.

Особенностью данной работы является то, что при выполнении лабораторных работ на данном комплексе студенты получают не только теоретические знания языка ST, но и приобретут практические навыки разработки и отладки программ, загрузки программ в контроллер и проверки их работоспособности в режиме реального времени.

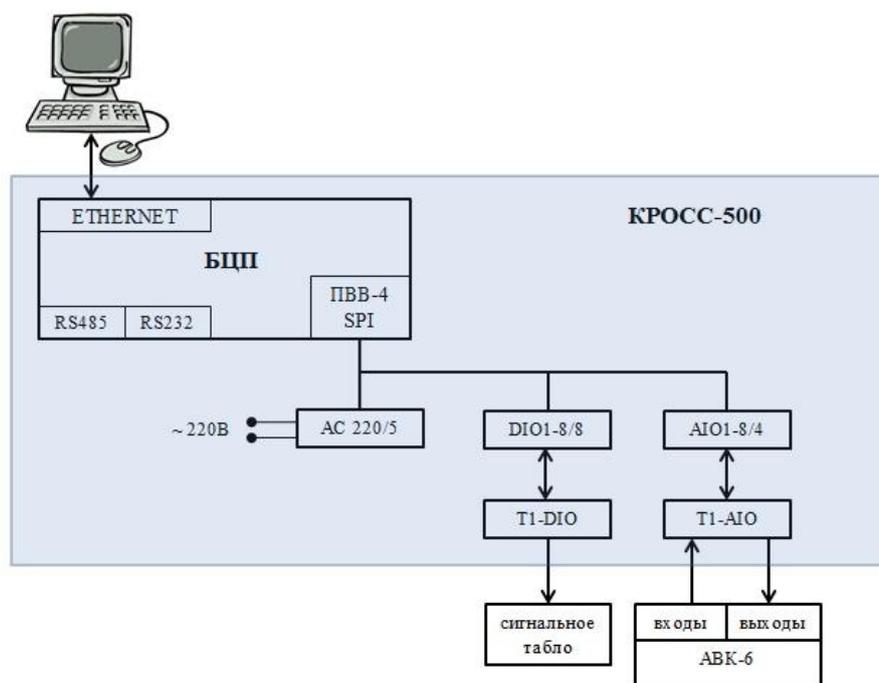


Рисунок 1 – Структурная схема лабораторного комплекса

Список литературы:

1. Петров И.В. «Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приёмы прикладного проектирования» — М.: Солон-Пресс, 2007 — 256 с.
2. Языки программирования промышленных контроллеров: Учебное пособие/Под ред. К.А. Пупкова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 172 с.

ПРИМЕНЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА В ЗАДАЧАХ ФИЛЬТРАЦИИ

В.А. Фаерман, В.С. Аврамчук

Научный руководитель: Аврамчук В.С., к.т.н, доцент

Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

TheUnit@sibmail.com

В последние годы цифровая обработка сигналов (ЦОС) представляет собой динамично развивающееся направление науки и техники. Развитие характеризуется как разработкой новых, более эффективных методов и подходов решения известных практических задач, так и непрерывным расширением круга решаемых с помощью ЦОС задач [1].

В настоящее время, одной из операций ЦОС, имеющих первостепенное значение, остается цифровая фильтрация сигналов [2]. Как правило, целью фильтрации является устранение или ослабление шума в полезном сигнале. Показателем зашумленности является энергетическое отношение сигнал/шум, показывающее во сколько раз энергия, переносимая полезным сигналом, превышает суммарную энергию шумов, сосредоточенных в исследуемой части спектра [1]. Цель увеличения отношения сигнал/шум может быть достигнута с помощью различных подходов, одним из которых является, например, линейная цифровая фильтрация, которая определяется как

$$y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} h(k)x(n-k), \quad (1)$$

где n – номер рассматриваемого временного интервала; $h(k)$, $k = 0, 1, \dots, N-1$ – коэффициенты фильтра, определяющие его свойства; $x(k)$ и $y(k)$ – вход и выход фильтра соответственно. Наряду с трансверсальным фильтром, который описывается формулой (1), на практике используется и множество других фильтров [2]. Однако, в связи с тем, что шумы, как правило, имеют случайный характер, их статистические характеристики неизвестны и не могут быть достаточно точно определены на ограниченном временном интервале, настройка фильтров точными математическими методами оказывается невозможной. Этим обусловлена важность роли методов статистики, в том числе корреляционного анализа, в решении задач спектрального анализа, цифровой фильтрации и других областей ЦОС [3].

Под корреляционным анализом понимают статистическое исследование различных выборок данных, направленное на выявление взаимосвязи между ними [2]. В основу корреляционного анализа положено вычисление корреляции, то есть числового значения, характеризующего меру взаимосвязи сигналов на рассматриваемом временном интервале. В простейшем случае, корреляция двух дискретизированных сигналов $x_1(j), x_2(j)$, $j = 1, \dots, N$, где N – размер исследуемой выборки, может быть вычислена по следующей формуле [2]

$$r_{12} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_1(i)x_2(i). \quad (2)$$

Недостатком (2) является то, что не учитывается возможная разница фаз сигналов, вследствие чего показатель корреляции оказывается заниженным. Так как фазовая связь двух корректирующих сигналов обычно неизвестна заранее, то используется следующее выражение [2]

$$r_{12}(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_1(i) \cdot x_2(i+j), \quad (3)$$

где j – величина задержки. Функцию $r_{12}(j)$ называют функцией взаимной корреляции сигналов x_1 и x_2 , а ее максимальное значение считают истинным значением корреляции этих сигналов. Если принять $x_1 = x_2 = x$, то формула (3) примет вид

$$r_{xx}(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x(i)x(i+j).$$

Функцию $r_{xx}(j)$ называют автокорреляционной функцией. Автокорреляционные функции обладают рядом свойств, а именно симметрией относительно начала координат, максимумом в начале координат, периодичностью в случае периодических сигналов и затуханием в случае случайных сигналов [2]. Свойства функций могут быть показаны на следующем примере: пусть имеется дискретизированный с интервалом T_d сигнал $x(j) = x_0(j) + f(j)$, где $x_0(j) = A_0 \cdot \sin(jT_d/T_0)$ – гармонический полезный сигнал, а $f(j)$ – центрированный случайный сигнал помехи. Временные диаграммы $x(j), x_0(j), f(j)$ представлены на рисунке 1.

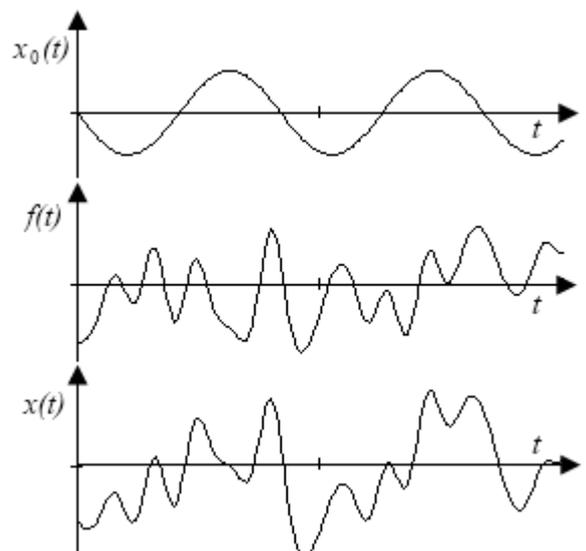


Рис. 1. Временные диаграммы сигналов

В силу того, что $x_0(j)$ и $f(j)$ независимы, справедливо следующее выражение [2]

$$r_{xx}(j) = r_{x_0x_0}(j) + r_{ff}(j),$$

где $r_{x_0x_0}(j)$ - автокорреляционная функция периодического сигнала, а $r_{ff}(j)$ - автокорреляционная функция шума. На рисунке 2 изображены функции $r_{xx}(j)$, $r_{x_0x_0}(j)$, $r_{ff}(j)$.

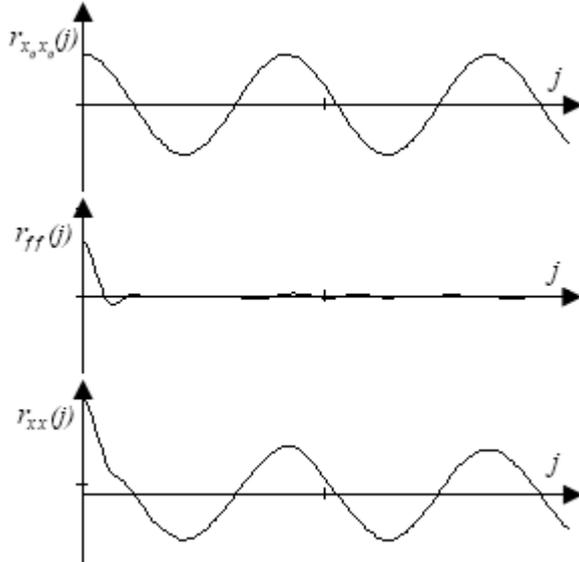


Рис. 2. Автокорреляционные функции сигналов

Из рисунка 2 видно, что автокорреляционная функция $r_{xx}(j)$ аддитивной смеси полезного сигнала и шума при отдалении от начала координат принимает форму синусоиды. Причем ее период T_A равен периоду T_0 гармонического сигнала $x(t)$ [2], а амплитуда A_A связана с A_0 следующим соотношением [4]

$$A_A = \frac{A_0^2}{2}.$$

Автокорреляционная функция шума $r_{ff}(j)$, исключая выраженный пик в начале координат, подобна случайной функции, имеющей по сравнению с $f(j)$ меньшую дисперсию [4].

Описанные свойства автокорреляционных функций используются для обнаружения слабых сигналов в аддитивной смеси с интенсивными шумами, например при измерении частоты доплеровских сигналов лазерных анемометров. Преимуществом решения подобных задач корреляционным методом является возможность последовательного многократного вычисления автокорреляции с целью сведения отношения сигнал/шум к приемлемому значению [4].

Рассмотрим задачу обнаружения слабого гармонического сигнала на фоне интенсивных шумов с помощью многократного вычисления автокорреляционной функции. Начальные энергии сигнала, шумов, а также начальное соотношение сигнал/шум приведены в верхней строке таблицы 1. Далее в таблице приведены результаты, полученные после Q последовательных расчетов автокорреляции. На рисунке 3 изображен график по данным таблицы 1.

Таблица 1. Изменение отношения сигнал/шум

Этап вычислений (Q)	Энергия сигнала (y.e.)	Энергия шумов (y.e.)	Сигнал/шум
0	1,00	186,48	$5,4 \cdot 10^{-3}$
1	0,50	24,71	0,02
2	0,125	1,32	0,095
3	$7,8 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$	0,346
4	$3,05 \cdot 10^{-5}$	$3,17 \cdot 10^{-5}$	0,964
5	$4,6 \cdot 10^{-10}$	$1,3 \cdot 10^{-10}$	3,577
6	$1,1 \cdot 10^{-19}$	$3,4 \cdot 10^{-21}$	31,721

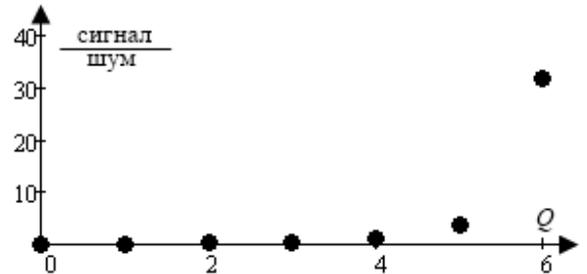


Рис. 3. Автокорреляционные функции сигналов

Из таблицы 1 и рисунка 3 видно, что соотношение сигнал/шум может быть увеличено путем многократного вычисления автокорреляционной функции. Однако применение данного метода обладает рядом ограничений: 1) эффективность метода зависит от частотной полосы локализации шумов и от их спектральной плотности; 2) метод малоэффективен при исследовании зашумленных негармонических сигналов, так как не дает представления о их спектральном составе, а лишь позволяет констатировать наличие периодической составляющей. Указанных трудностей можно избежать, используя частотно-временную автокорреляционную функцию, вместо традиционной [5].

Список литературы

1. Кривошеев В.И. Современные методы цифровой обработки сигналов. Учебно-метод. материал по программе повышения квалификации «Современные системы мобильной цифровой связи, проблемы помехозащищенности и защиты информации». Нижний Новгород, 2006, -117 с.
2. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1990. – 536 с.
3. Айфичер Э. С., Джервис Б. У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 992 с.
4. Останин С.А. Увеличение отношения сигнал шум методом последовательного вычисления автокорреляционной функции // Журнал радиоэлектроники. – 2012. - № 5.
5. Аврамчук В.С. Определение наличия гармонических составляющих и их частот в дискретных сигналах на основе автокорреляционной функции // Известия Томского политехнического университета. – 2012. –Т. 321. – № 5. – С. 113–116.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОЙ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРОДИАГНОСТИКИ

В.А. Фаерман, В.С. Аврамчук

Научный руководитель: Аврамчук В.С., к.т.н, доцент

Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

TheUnit@sibmail.com

Для реализации заявленного правительством России курса на модернизацию экономики необходимо интенсивное развитие машиностроительной отрасли, во многом определяющей динамику и качество промышленного роста [1]. При этом, в современных реалиях, развитие машиностроения невозможно без внедрения в практику технологий, повышающих эффективность обеспечения жизненного цикла продукции. Жизненный цикл любого технического изделия включает четыре основных процесса: создание (конструирование и изготовление), эксплуатацию, обслуживание и ремонт, а также утилизацию [2].

Наибольший интерес с точки зрения данной работы представляет система обслуживания и ремонта. В настоящее время, данная система заявлена одним из требований современной концепции управления надежностью сложных технических объектов. Диагностика как одна из составляющих этой системы должна решать задачу оценки фактического состояния изделия в процессе эксплуатации, давая необходимую исходную информацию для соответствующей организации ремонтного цикла [2]. В связи с этим средства диагностики должна обладать определенными свойствами: 1) достоверностью и информативностью; 2) оперативностью; 3) универсальностью. В настоящее время, к этим требованиям наиболее приближен метод вибродиагностики [2].

Под вибродиагностикой понимают метод диагностирования технических систем и оборудования, основанный на анализе параметров вибрации, создаваемой непосредственно работающим оборудованием, или являющейся вторичной вибрацией, обусловленной спецификой конструкции исследуемого объекта [3]. Появление вибрации в машинах и механизмах неизбежно и обусловлено действием переменных сил и моментов, возникающих в процессе эксплуатации. Как правило, вибрация оказывает отрицательное влияние на прочность, износ и безопасность изделий и машин, а при достижении определенных значений может привести к поломкам деталей, искажению показаний датчиков, расстройке систем регулирования и, следовательно, к возникновению аварийных ситуаций. Согласно статистике, основной причиной выхода из строя деталей и машин является именно вибрация, возникающая при изменении формы и взаимного положения деталей, ослаблении креплений, появлении значительной неуравновешенности движущихся

частей и других дефектах. Таким образом, на основании связи вибрации с качеством изготовления деталей и сборки машин, а также износом их узлов, возможно использование ее характеристик для оценки технического состояния объекта [3].

Основным информативным параметром вибрации являются ее периодические составляющие. Для их выявления и исследования используются методы спектрального анализа. Обычно, при исследовании спектра выделяют 3 группы составляющих вибрации: гармоники, субгармоники и несинхронные составляющие. Под гармониками понимают пики на частотах кратные частоте цикла действия (частоте вращения машины). Субгармоники – составляющие лежащие ниже частоты вращения и получаются делением частоты цикла действия на натуральное число. Несинхронные составляющие наблюдаются на частотах не связанных с частотой вращения [4]. Соответствия между группами составляющих и типовыми дефекты приведены в таблице [4].

Таблица. Соответствие признаков и дефектов

Группа	Типовые дефекты
Гармоники	дисбаланс, несоосность или ослабление соединений
Субгармоники	стук в машине, вихри в масляном клине, дефекты ремней
Несинхронные составляющие	вибрации электрического происхождения, дефекты подшипников

Основными трудностями, связанными с исследованием вибрации, являются ширина частотного диапазона, в котором потенциально могут быть обнаружены признаки дефектов, а также интенсивные шумы, затрудняющие распознавание гармонических составляющих в смеси. Для выделения периодического полезного сигнала на фоне интенсивных помех привлекается математический аппарат корреляционного анализа сигналов. В частности, по характеру автокорреляционной функции может быть определено наличие слабого периодического сигнала в смеси и его период. В случае исследования полигармонических сигналов вибрации, трактовка формы автокорреляционной функции затруднительна и зависит от параметров гармонических составляющих сигнала. В этом случае для определения частот гармонических составляющих применяется полосовая/режекторная фильтрация или методы спектрального анализа. Однако, в связи с тем, что спектр полезного сигнала часто неизвестен и может перекрываться спектром

шумов, а его мощность может быть мала по сравнению с мощностью шума, использование данного подхода затруднительно. Перечисленных трудностей можно избежать, применяя частотно-временную автокорреляционную функцию вместо традиционной [5].

На основании теоремы о свертке, автокорреляционная функция может быть получена с использованием преобразования Фурье следующим образом [6]

$$r_{xx}(\tau) = F^{-1}[F(x_i)F^*(x_i)], \quad (1)$$

где $x_i (i = 0, 1, 2, \dots, 2^n - 1; n \geq 2)$ – исследуемый сигнал, представленный дискретной последовательностью; F – прямое дискретное преобразование Фурье сигнала x ; F^* – комплексно-сопряженное представление результатов прямого дискретного преобразования; F^{-1} – обратное дискретное преобразование Фурье. На основании формулы (1), путем введения в процедуру нахождения автокорреляционной функции дополнительных действий может быть получена частотно-временная автокорреляционная функция.

Процедура получения частотно-временной автокорреляционной функции представлена далее. На начальном этапе осуществляется расчет величин P_j по формуле

$$P_j = F(x_i)F^*(x_i),$$

где $j = 0, 1, 2, \dots, 2^{n-1} + 1$ – количество точек в спектральной характеристике автокорреляционной функции. Далее формируются m векторов $M^k (k = 0, 1, 2, \dots, m - 1)$, каждый из которых представляет Фурье – образ суммы спектральных составляющих автокорреляционной функции, принадлежащих одному из m рассматриваемых частотных диапазонов. Формирование векторов M^k происходит по следующему правилу

$$M_j^k = P_j \cdot w_j^k$$

где w_j^k – оконная функция, определенная следующим образом

$$w_j^k = \begin{cases} 1, & \frac{k}{m} < \frac{j}{2^{n-1} + 1} \leq \frac{k+1}{m} \\ 0, & \frac{k}{m} \geq \frac{j}{2^{n-1} + 1} > \frac{k+1}{m} \end{cases}$$

На следующем этапе полученные векторы M^k подвергаются обратному дискретному преобразованию Фурье

$$Z^k = F^{-1}[M^k]$$

Полученный в результате сложный вектор Z^k состоит из m векторов, каждый из которых в свою очередь представляет собой автокорреляционную функцию сигнала на соответствующем частотном диапазоне. Таким образом, из него могут быть восстановлены значения частотно-временной автокорреляционной функции

$$r_{xx}(f_k, t_i) = Z_i^k$$

В качестве примера далее рассмотрена задача определения гармонических составляющих в зашумленном сигнале. Гармоники, присутствующие в полезном сигнале – 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20 кГц имеют единичную амплитуду. Шум моделируется центрированным случайным сигналом,

распределенным нормально со среднеквадратичным отклонением равным 15. Вид частотно-временной автокорреляционной функции представлен на рисунке 1.

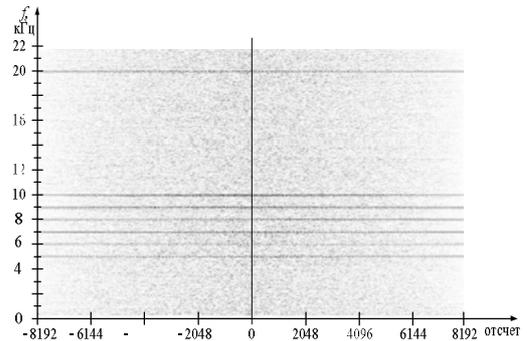


Рис. 1. Частотно-временная автокорреляционная функция

Высокие значения автокорреляционной функции показаны на рисунке оттенками черного. Присутствующие в полезном сигнале гармоники отчетливо наблюдаются в виде темно-серых полос, локализованных вблизи соответствующего значения частоты, на светлом фоне.

Описанный способ лишен ряда недостатков традиционного подхода и может быть использован для эффективного определения гармонических составляющих сигналов вибрации при решении задач диагностики деталей и машин.

Список литературы

1. Официальный сайт форума Технологии в машиностроении. Речь председателя правительства. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.forumtvm.ru/ru/static/page/putin.htm>, посл. обращение 22.02.2013.
2. Осяев А.Т., Смирнов В.А. Перспективы вибродиагностики // Локомотив. – 2006. - №6. - С. 40-41.
3. Стеценко А.А., Кобылин Н.В., Стеценко О.А. Стандартизация в области вибрации, контроля технического состояния, диагностики и прогнозирования ресурса промышленных машин. // Вибродиагностика для начинающих и специалистов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vibration.ru/standart.shtml>, посл. обращение 23.02.2013.
4. Глэн Д. Вайт. Основы анализа данных и поиска неисправностей.: Пер. с англ. // Вибродиагностика для начинающих и специалистов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.vibration.ru/osn_analizai.shtml, посл. обращение 23.02.2013.
5. Аврамчук В.С. Определение наличия гармонических составляющих и их частот в дискретных сигналах на основе автокорреляционной функции // Известия Томского политехнического университета. – 2012. –Т. 321. – № 5. – С. 113–116.
6. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 992 с.

СИСТЕМА МАРШРУТОВ МЕСТНОГО ТРАНСПОРТА QR-BUS В ТОМСКЕ

Фам Чи Куонг

Научный руководитель: Баночкин П.И., ассистент

Консультант по русскому языку: Волкова Т.Ф., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

e-mail: cuongphamchi79@gmail.com

Аннотация: Статья посвящена описанию системы маршрутов местного транспорта, которая способна предоставить новые возможности пассажирам. Данная система реализована на основе технологии разработки клиент-серверного веб-приложения ASP.NET MVC4. Описаны мобильная и обычная версии пользовательского интерфейса данного программного приложения.

1. Проблемы автобусной системы в Томске
Автобусная система в Томске имеет следующие недостатки:

- 1) Отсутствие расписаний маршрутов: затруднено планирование поездок пользователями.
- 2) Невозможность быстрого получения информации об остановках и построения маршрута. Пассажир, находясь на остановке, не всегда знает ее название и перечень маршрутов.
- 3) Отсутствие статистики плотности пассажиров на определенной остановке. При наличии статистики плотности пассажиров на остановках распределение автобусов, работающих на маршрутах, будет производиться более рационально.

2. Характеристика системы маршрутов QR-Bus

Система разработана на основе технологии ASP.NET MVC 4. Система является клиент-серверным приложением и включает в себя пользовательский интерфейс для взаимодействия с системой. Для управления базой данных используется технология ADO.NET Entity Framework, которая предоставляет возможность управления данными с помощью строенного языка запросов LINQ[1].

Для выявления требований к создаваемой системе были созданы диаграмма вариантов использования системы маршрутов QR-Bus (рис. 1) и диаграмма потоков данных (рис. 2).



Рис. 1: Диаграмма вариантов использования системы для пассажиров

Диаграмма вариантов использования содержит две роли: пользователь и администратор. Пользователю доступны следующие функции по получению информации о маршрутах и расписанию движения транспорта. Администратор управляет информацией о транспорте и просматривает статистику.



Рис. 2: Диаграмма потоков данных (DFD)

В базе данных созданы таблицы для хранения информации об остановках, маршрутах, пользователях, посещениях, автобусах, известных местах.

В хранилище пользователей сохраняются логин и пароль пользователей. При регистрации данные нового пользователя записываются в базу данных и при авторизации данные пользователя проверяются совпадают ли они с данными в базе данных.

В хранилище остановок сохраняется информация о местонахождении остановок. Чтобы отражать местонахождение остановки на карте требуются координаты остановки, которые сохраняются в базе данных и управляются администратором.

В хранилище маршрутов сохраняется информация о маршрутах. Маршрут представляет собой совокупность остановок отправления и назначения, номер автобуса, и также координаты промежуточных точек.

3. Описание интерфейса и QR-код

Интерфейс пользователя создан с применением библиотеки twitter bootstrap[2]. Данная библиотека позволила создать интерфейс, который адаптируется для браузеров не только настольных компьютеров,

но и планшета и смартфона. Динамическая настройка интерфейса обеспечивается инструментом responsive CSS, входящим в состав библиотеки twitter bootstrap.

QR-код является специальным штрих-кодом, адаптированным для считывания с помощью цифровых камер[3]. Отличием данного программного приложения от других решений заключается в использовании QR-кодов, которые содержат ссылки на остановки транспорта. Эти коды размещаются на всех остановках. Пользователь считывает данный код с помощью мобильного устройства с цифровой камерой. После происходит перенаправление пользователя на страницу построения маршрута. В качестве точки отправления автоматически устанавливается остановка, на которой пассажир считал штрих-код.

Кроме того, плотность пассажиропотока определяется по количеству считываний QR-кода. Каждый раз пользователь считывает данный код, в хранилище посещений автоматически создается запись, которая состоит из названия остановки и времени ее посещения. Благодаря этому, можно получить статистику посещений на всех остановках.

Просмотр статистики возможен за определенный временной интервал по каждой остановке. Статистика отображается в виде диаграммы с помощью инструментов Google chart.

4. Вывод

При использовании системы маршрутов QR-Bus планирование поездок пользователя облегчится и станет более точным. Также система поможет пользователю экономить время на ожидание автобусов. Также важным достоинством представленного решения является возможность получения статистической информации о пассажиропотоке. Данная информация может быть применена для оптимизации графика движения транспорта.

Литература

1. ADO.NET Entity Framework близкое юзание. URL: <http://habrahabr.ru/post/47028/>. Доступ свободный (дата обращения: 15.09.2012).
2. Introducing Bootstrap URL: <http://twitter.github.io/bootstrap/index.html>. Доступ свободный (дата обращения: 13.09.2012).
3. QR-Код. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/QR-%D0%BA%D0%BE%D0%B4>. Доступ свободный (дата обращения: 19.09.2012).

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ ОБРАЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРОЯТНОСТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Хаустов П.А.

Научный руководитель: Спицын В.Г., д.т.н., профессор.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: eXceibot@sibmail.com

Введение

Задача классификации — формализованная задача, в которой имеется множество объектов, разделённых некоторым образом на классы. Задано конечное множество объектов, для которых известно, к каким классам они относятся. Это множество называется выборкой. Классовая принадлежность остальных объектов не известна. Требуется разработать алгоритм, способный классифицировать произвольный объект из исходного множества. Под классификацией объекта следует понимать указание номера класса, к которому относится данный объект.

Достаточно часто для решения задачи классификации прибегают к использованию искусственных нейронных сетей. Для настройки весов синаптических связей используют множество объектов, класс которых известен в совокупности с некоторым алгоритмом обучения искусственной нейронной сети. Для определения класса, к которому принадлежит один из объектов, классовой принадлежности которого неизвестна, используются значения нейронов выходного слоя. Каждый из нейронов выходного слоя соответствует одному из классов. Класс, которому соответствует нейрон выходного слоя с наибольшим значением, принимается за класс, к которому относится этот объект.

Однако информация о классе, который искусственная нейронная сеть считает наиболее подходящим для заданного объекта, не всегда является достаточной для решения той или иной задачи. Иногда возможны ситуации, при которых один объект может быть в равной мере отнесен к двум и более классам. В таких случаях возникает необходимость в классификаторе, который позволит определять для каждого объекта некоторую степень принадлежности каждому из классов, аналогичную функции принадлежности в теории нечетких множеств.

Предложенные пути решения проблемы

Существенным преимуществом нейронных сетей является их высокое быстродействие, поэтому хорошим решением являлась бы нейронная сеть способная определять степень принадлежности образа к каждому из классов.

Одним из уже существующих решений является вероятностная модификация RBF-сети, которая носит название вероятностной нейронной сети (PNN-сеть). По своей сути искусственная нейронная сеть такого типа решает задачу оценки плотности вероятности по имеющимся данным.

Решение такой задачи в данном случае основано на так называемых ядерных оценках.

Фактически, делается предположение о том, что существование наблюдения в некоторой точке пространства обеспечивает некоторую плотность вероятности в этой точке. Кластеры из близко лежащих точек указывают на то, что в этом месте плотность вероятности достаточно велика. По расстоянию от ядерных центров оценивается доверие к уровню плотности вероятности. Для оценки общей плотности вероятности используется суммарное значение некоторой функции во всех точках наблюдения. Такую функцию называют ядерной функцией. Зачастую в качестве ядерной функции используют распределение Гаусса. При больших размерах обучающей выборки такой метод дает достаточно точное приближение к истинной плотности вероятности.

Вероятностная нейронная сеть имеет три слоя: входной, радиальный и выходной. Входной слой имеет произвольную размерность. Каждый нейрон радиального слоя соответствует одному элементу обучающей выборки. Количество нейронов выходного слоя равняется количеству классов. Каждый нейрон выходного слоя соединен с элементами радиального слоя, принадлежащими соответствующему ему классу (рис. 1).

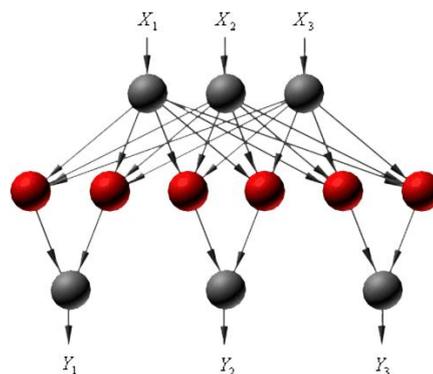


Рис. 1. Вероятностная нейронная сеть

Таким образом, для получения значения нейрона выходного слоя достаточно сложить отклики нейронов радиального слоя, с которыми он соединен. Для PNN-сети выход, соответствующий некоторому классу, описывается выражением:

$$y = \frac{1}{N\sigma^n} \sum_{k=1}^N \varphi \left(\frac{\|\mathbf{X} - \mathbf{X}^k\|}{\sigma} \right)$$

где n – размерность входного вектора, N – размер обучающей выборки, σ – параметр сглаживания.

Выбор параметра сглаживания σ осуществляется отдельно для каждой задачи. Слишком большие значения σ приведут к потере деталей, слишком маленькие – наоборот приведут к большему обобщению.

Таким образом, преимуществом PNN-сети является высокое быстродействие и вероятностный смысл значений выходных нейронов. Недостатком является зависимость количества нейронов скрытого слоя от размерности обучающей выборки.

Для апробации вероятностной нейронной сети для решения задач классификации был выбран основной benchmark качества работы нейронных сетей «proben1». Данный benchmark содержит достаточно большое количество различных наборов данных, включающих обучающую, проверочную и тестовую выборки.

Набор данных «cancer1» из «proben1» содержит 699 образов: 350 для обучения, 175 для проверки и 174 для тестирования. Каждый из образов описывается с помощью девяти дескрипторов. Требуется определить принадлежность каждого образа к одному из двух классов. Стоит отметить, что вероятностная нейронная сеть не нуждается в образах для проверки, поэтому во всех наборах они дополняли множество образов для тестирования.

Для набора данных «cancer1» экспериментальным путем было подобрано значение параметра сглаживания σ равное 0,03. При этом значении параметра сглаживания классификация была выполнена правильно для 98,85% образов.

Набор данных «glass1» из «proben1» содержит 214 образов: 107 для обучения, 54 для проверки и 53 для тестирования. Количество классов в этой задаче равно шести. Стоит отметить, что данная задача является одной из самых сложных в наборе «proben1».

Для набора данных «glass1» экспериментальным путем было подобрано значение параметра сглаживания σ равное 0,03. При этом значении параметра сглаживания классификация была выполнена правильно для 69,16% образов. Однако такой процент правильно распознанных образов для набора «glass1» можно считать удовлетворительным. Автор набора «proben1» для этой же задачи не смог преодолеть порог в 70% правильно распознанных образов.

Набор данных «soybean1» из «proben1» содержит 683 образа: 342 для обучения, 171 для проверки и 170 для тестирования. Каждый из образов надо отнести к одному из 19 классов.

Для набора данных «soybean1» экспериментальным путем было подобрано значение параметра сглаживания σ равное 0,9.

При этом значении параметра сглаживания классификация была выполнена правильно для 91,5% образов. Стоит отметить, что автору набора «proben1» удалось правильно распознать менее 91% образов.

Полученные результаты

Для исследования эффективности использования вероятностной нейронной сети для решения задачи классификации образов было реализовано приложение, которое конструировало PNN-сеть на обучающих образах и выполняло оценку качества классификации на образах из тестирующей выборки.

Обучение PNN-сети осуществляется настолько быстро, насколько это возможно. Ведь PNN-сеть не нуждается в обучении, достаточно лишь задать структуру радиального слоя этой сети. Для всех задач на обучение ушло не более 30 миллисекунд.

Время классификации же зависит от размерности обучающей выборки, тестирующей выборки и размерности пространства признаков. Тем не менее, время, которое затрачивает PNN-сеть на распознавание, также достаточно невелико. Ниже приведена таблица со временем распознавания всей тестовой выборки для каждой из задач.

cancer1	0.073 сек.
glass1	0.015 сек.
soybean1	0.376 сек.

Все замеры времени производились на процессоре Intel Core i3-2310M (2 x 2,1GHz).

Стоит отметить, что еще одним преимуществом PNN-сети является ее детерминированность. Результат распознавания при фиксированной обучающей выборке и фиксированном параметре σ всегда одинаков.

В результате проведенного исследования можно утверждать, что вероятностная нейронная сеть является хорошим инструментом для решения задачи классификации. Процент правильно выполненной классификации ничуть не уступает остальным вариациям нейронных сетей, однако появляется возможность использовать вероятностный смысл выходных значений для улучшения качества классификации или использования PNN-сети в качестве одного из классификаторов при использовании комбинированного метода распознавания.

Список литературы

1. В.В. Круглов, М.И. Дли, Р.Ю. Голунов - Нечеткая логика и искусственные нейронные сети - М.: Физматлит, 2000. - 224 с.
2. С. Хайкин - Нейронные сети. Полный курс. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. - 1104 с.
3. Д.А. Тархов - Нейронные сети. Модели и алгоритмы. - М.: Радиотехника, 2005. - 256 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА РАБОТЫ ФАКЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Холодов О.Н., Хамухин А.А.

Научный руководитель: Хамухин А.А. к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: Kholodov_oleg@mail.ru

В настоящее время информационные системы мониторинга технологического процесса добычи нефти и газа оснащаются множеством датчиков, которые в режиме онлайн по разным каналам (GSM, спутниковые, радиорелейные и др.) передают данные в единый центр мониторинга и управления [1]. В данном докладе предлагается дополнять подобные системы данными, полученными с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В качестве примера рассмотрен мониторинг работы факельных установок на промыслах.

Факельные установки являются необходимым технологическим элементом на нефтегазопромыслах. Даже при полной утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ), все равно присутствует дежурная факельная установка. По существующей технологии обследование факельной установки производится только после полной остановки, что приводит к необходимости аккумулировать газ или запускать резервный факел.

Предлагаемый проект, позволяет проводить обследование факельной установки, не останавливая процесс горения. Данный мониторинг необходим как для определения технического состояния оголовка, так и для определения содержания тяжелых углеводородов в сгораемом газе. На рис. 1 приведено фото факельной установки, требующей обследования в связи с повышенной задымленностью [2].



Рис.1. Факельная установка

В настоящее время принято правительственное решение о сроке доведения уровня использования ПНГ до среднемировых, т.е. до 95% с 2012 г. (Постановление Правительства РФ от 8 января 2009 №7).

Однако вместе с попутным нефтяным газом теряется и жидкая нефть (из-за несовершенства ее подготовки на промысле). По независимым оценкам это 1.45 % от массы добытой нефти или

по РФ в целом 7,28 млн. т в год. При цене \$100 за баррель это примерно \$5 млрд в год [3].

Сжигание ПНГ на факеле – это чистые потери. При утилизации ПНГ для выработки тепла и электроэнергии на местные нужды – это тоже потери, т.к. для удовлетворения местных нужд нет необходимости сжигать нефть, хватит и газа. И только при транспортировке ПНГ на газоперерабатывающие заводы (ГПЗ) это не потери. Но таких схем утилизации немного и они экономически выгодны для близлежащих от ГПЗ месторождений нефти [4].

Снизить потери возможно с помощью регулировки условий сепарации нефти (в пределах технологического регламента). Но для этого надо знать химический состав газового потока на выходе установки подготовки нефти, чтобы снижать в нем долю тяжелых углеводородов.

Так же, необходимо определить визуально присутствует ли в сжигаемом попутном нефтяном газе нефть – т.е. газ «сухой» или «жирный». На основе этих фотографий можно судить об объеме нефти, попадающей вместе с природным газом в факел, используя спектральный анализ. Основными признаками присутствия нефти в газовом факеле является черный дым и копоть. Так же с помощью данного аппарата можно судить о техническом состоянии факельного оголовка и соответственно о необходимости его замены.

Однако сделать фотографию факела не так просто. Правильный ракурс съемки должен быть на уровне самого факела, но так как *факел* – это установка, представляющая собой трубу малого диаметра, с расположенным в верхней точке факельным оголовком, установленную и закрепленную с помощью опор вертикально (высота варьируется от 7–60 метров), сделать фотографию в правильном ракурсе порой невозможно [5], [6]. Для этих целей, мы предлагаем использование беспилотного летательного аппарата, а точнее - мультироторную платформу.

Мультикоптер – это многороторная платформа, обладающая характеристиками вертолета, позволяющая нести полезную нагрузку. В зависимости от решаемых задач аппарат может иметь конфигурацию от 4-х до 12-ти двигателей, расположенных на одном уровне вокруг центральной части, в которой закреплена управляющая аппаратура и полезная нагрузка, например ZALA 421-21 (рис. 2) [6].



Рис.2. Гексакоптер ZALA 421-21

В настоящее время выделяют несколько основных конструкций мультикоптеров:

- квадрокоптер;
- гексакоптер;
- октокоптер;
- Y-6 коптер;
- трикоптер и др.

Название каждой конструкции зависит от числа роторов, так, например, гексакоптер имеет 6 роторов.

Мультикоптер способен выполнить следующие задачи:

- поднимать на высоту до 350 м полезную нагрузку весом до 2 кг (в зависимости от конфигурации аппарата). В качестве полезной нагрузки может быть фото, видеооборудование, датчики, сенсоры, арматура для их крепежа и др.;

- «зависать» на заданной оператором высоте с возможностью ее плавного увеличения и уменьшения;

- перемещаться во всех направлениях с полезной нагрузкой со скоростью до 50 км/ч;

- управлять аппаратом посредством изображения, передаваемого бортовой камерой

- эксплуатироваться в широком диапазоне температур наружного воздуха, а так-же при ветре до 20 м/с;

- удерживать заданную оператором высоту и положение по координатам GPS;

- возвращаться к месту взлета от любой точки маршрута и от любого удерживаемого положения по сигналу оператора;

- имеется возможность телеметрического контроля оператором на земле всех параметров полета летящего аппарата (его положения по координатам GPS, заряд батареи, полетное время, ориентацию по сторонам света, количество спутников в системе GPS и др.);

- аппарат может иметь мобильную конструкцию, позволяющую привести его в рабочее состояние из походного за 5 минут;

- система передачи видеоизображения с борта мультикоптера может обеспечить контроль оператором территории, по которой осуществляется полет, а также обеспечить наведение объектива установленной на аппарате камеры на объект съемки;

- для питания используются литий-полимерные аккумуляторные батареи.

Стоимость аппарата зависит от его конфигурации и предъявляемым требованиям по надежности и грузоподъемности.

В комплекте с доп. оборудованием (зарядными устройствами, доп. батареями, запасными пропеллерами, аппаратурой для передачи видео, кейсом для перевозки и др. – состав оборудования, его количество согласуются дополнительно) стоимость аппарата может составлять от 50 до 150 тыс. рублей. В табл. 1 приведены типовые технические характеристики мультикоптеров.

Табл. 1. Технические характеристики мультикоптеров

Диаметр	От 60-100см
Полезная нагрузка	2-3 кг
Примерное время полета	От 10 - 30 мин.
Источник энергии	Li-Po аккумуляторы
Дальность полета	1,5 км (зависит от оборудования)
Персонал для запуска и слежения	1-2 оператора

Эффект от использования предлагаемого проекта заключается в отсутствии необходимости полной остановки факела для планового осмотра факельного оголовка, передаче изображения в единый центр мониторинга и управления для контроля работы факельной установки высококвалифицированными специалистами центра.

Список литературы:

1. Марков Н.Г, Сарайкин А.В. Формирование единого информационного пространства газодобывающей компании / Информационные технологии в нефтегазовом комплексе. – М: AN Conferences , 2007 . – с. 3–12.

2. Пронедра ru. Нефть. URL: <http://pronedra.ru/oil/2012/03/28/rosneft/> (дата обращения: 15.02.2013).

3. ООО "Центр нефтегазовых технологий". URL: <http://community.sk.ru/> (дата обращения: 15.02.2013).

4. Проект: «Веб-моделирование онлайн для мониторинга и управления сепарацией и утилизацией попутного нефтяного газа (ПНГ)» URL: <http://ad.cctpu.edu.ru/> (дата обращения: 15.02.2013).

5. ЗАО «ТРЕСТ НЕФТЕХИМ» URL: <http://www.trestnh.ru/> (дата обращения: 15.02.2013).

6. ГОСТ Р 53681-2009 «Детали факельных устройств для общих работ на нефтеперерабатывающих предприятиях. Общие технические требования»

7. Беспилотные летательные аппараты URL: <http://bp-la.ru/bpla-s-vertikalnym-vzletom-zala-421-21/#more-772/> (дата обращения: 15.02.2013).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ CUDA В РАСЧЁТЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ

Черемнов А.Г., Аврамчук В.С.

Научный руководитель: Аврамчук В.С., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
Email: Sxandr@gmail.ru

В настоящее время самым распространенным методом спектрального анализа является дискретное преобразование Фурье [1]. Этот способ, в классическом представлении, имеет существенный недостаток, заключающийся в большом количестве операций умножения и сложения. Применение этого метода в системах реального времени не представляется возможным. Решением этой проблемы заключается в использовании различных способов быстрого преобразования Фурье (БПФ), представляющих собой эффективные способы вычисления ДПФ, обеспечивающие минимизацию количества вычислительных операций. В литературе [2] собрана библиография о более 3400 алгоритмах вычисления БПФ. Бесспорно, БПФ является самым распространенным подходом в спектральном анализе сигналов. Лишенные основного недостатка ДПФ эти алгоритмы легко применимы в системах реального времени.

Наиболее простым в понимании и реализации является способ вычисления БПФ, названный по имени его создателей Кули-Тьюки [3]. Программная реализация этого способа была осуществлена в начале 60-х годов 20 века. Реализация алгоритма была выполнена Джоном Кули в вычислительном центре компании IBM под руководством Джона Тьюки. Описание созданного алгоритма было представлено в статье 1965 года [4]. Не смотря на широкую известность алгоритмов БПФ и детальную проработку в этом направлении, каждый год создаются новые реализации алгоритмов БПФ, учитывающие архитектурные особенности применяемого вычислительного оборудования. Это легко объяснимо экспоненциальным развитием вычислительной техники, созданием перспективных архитектур, направленных на ускорение вычислительных операций. Создавая такие алгоритмы, разработчики добиваются максимального быстродействия, компактности и эффективности кода.

Эффективность вычисления БПФ также напрямую связана и с мощностями используемого оборудования. Дальнейшее повышение производительности центральных процессоров затруднено фундаментальными физическими ограничениями при производстве интегральных схем. Это ограничение приводит к необходимости поиска и разработки новых решений [5].

Разработка узкоспециализированных архитектурных решений, направленных на ускорение вычислительных операций, является

одним из самых перспективных направлений этого развития. Одним из ярких представителей этого направления является графический процессор (GPU – Graphics Processing Unit). Сочетание уникальной архитектуры GPU и программного обеспечения позволяет значительно сократить время вычисления типовых арифметических операций.

В настоящее время существует две основные технологии, ориентированные на использование вычислительных возможностей GPU – CUDA и OpenCL [6].

Технология CUDA (Compute Unified Device Architecture) разрабатывается под GPU компании NVIDIA. Синтаксис языка программирования представляет собой язык C [7]. Эта особенность позволяет легко использовать специальные функции в тексте программы на C.

Технология OpenCL (Open Computing Language) представляет собой дополнение фреймворков OpenGL и OpenAL, предоставляющее возможность написания компьютерных программ, проводящих вычисления общего назначения на графических процессорах. OpenCL имеет язык, похожий на C (стандарт C99) и специальный API для взаимодействия с OpenGL для построения трёхмерных поверхностей. [8].

В данной работе рассмотрено применение технологии CUDA при решении задач вычисления БПФ.

В общем случае ДПФ можно выразить следующей формулой [9]:

$$b_k = \sum_{i=0}^{N-1} \left(a_i \cdot e^{-j \frac{2\pi}{N} i \cdot k} \right), k = 0, \dots, N-1,$$

где

N – размер выборки сигнала, a_i - мгновенные значения сигнала, b_k – значения коэффициентов ряда Фурье.

Как уже было отмечено, БПФ является эффективным способом вычисления ДПФ, обеспечивающим минимизацию вычислительных операций. Дополнительная минимизация вычислительных операций при вычислении БПФ также возможна при использовании разбиения исходной анализируемой последовательности на две, более коротких (рис.1). При этом количество операций сократится в два раза [10].

Необходимо отметить, что последующее разбиение полученных последовательностей возможно проводить до тех пор, пока число отсчетов в анализируемой выборке кратно 2. При

$n=8$ возможное разбиение представлено на рис. 2 [10].

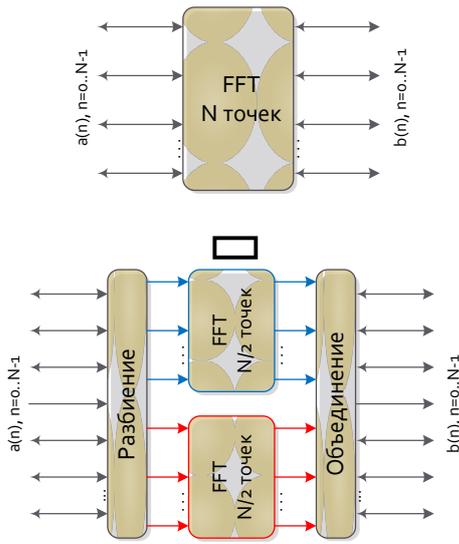


Рис. 1 – Замена N-точечного БПФ двумя N/2-точечными БПФ

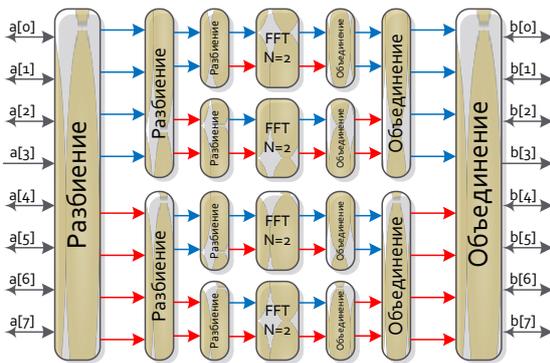


Рис. 2, Разбиение и объединение последовательности при $N=8$.

По алгоритму, описанному выше, были разработаны две программные реализации для однопроцессорных систем (на языках программирования Delphi и C++). Разбиение и объединение проводилось методом прореживания по времени.

При реализации этого алгоритма на CUDA C выяснилось, что этот алгоритм с асимптотикой $O(N \log(N))$ трудно поддается распараллеливанию, а потому, используя его, трудно получить дальнейшее снижение сложности алгоритма БПФ.

Упомянутый ранее алгоритм Кули-Тьюки легко поддается распараллеливанию. Вычислительная сложность этого алгоритма при $n=n_1 n_2$ будет определяться как $n(n_1+n_2)+n$ операций умножения.

Для оценки и сравнения эффективности рассмотренной технологии CUDA проведен расчет ряда тестовых примеров на вычисление 1000 преобразований БПФ. Полученные результаты приведены в таблице. В ходе экспериментов использовалось следующее

оборудование: CPU – Intel Core i5, GPU – NVIDIA GeForce 9600GT.

Таблица. Замеры времени

Размер выборки	Время выполнения на CPU (Visual C++ 2012), мс	Время выполнения на CPU (Delphi XE3), мс	Время выполнения на GPU (CUDA C), мс
2048	375	189	10
4096	624	412	21
8192	1604	711	37
16384	3631	1829	98
32768	7644	3820	192

Исходя из анализа полученных результатов, можно сделать следующий вывод: использование вычислительных мощностей GPU при вычислении БПФ позволяет сократить время вычисления в 70-86 раз. Дополнительно необходимо акцентировать внимание на существенной экономии средств, так видеоадаптер с поддержкой CUDA стоит значительно меньше любого мощного суперкомпьютера, способного сравниться с ней по параметру пиковой производительности.

Список литературы

1. Дьяконов В.П., Афонский А.А. Цифровые анализаторы спектра, сигналов и логики. М.: СОЛОП-Пресс, 2009
2. H.V. Sorensen, C.S. Burrus, M.T. Heideman. Fast Fourier transform database. – Boston: PWS Publishing Co., 1995. – 175 p.
3. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов. — М.: Мир, 1989. — 448 с.
4. Cooley, James W.; Tukey, John W. "An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series". *Math. Comput.* **19**: 297–301
5. Гергель В.П. Высокопроизводительные вычисления многоядерных процессорных систем. — М.: Издательство ННГУ, 2010. — С. 421
6. Kate Gregory, Ade Miller. C++ Amp: Accelerated Massive Parallelism With Microsoft Visual C++ - Microsoft, 2012 - 326 pages
7. Боресков А.В. и др. Основы работы с технологией CUDA. — М.: ДМК Пресс, 2010 — С. 232.
8. Peter Cohen. OpenCL: What you need to know. Macworld. URL: <http://www.macworld.com/article/1134858/sn-owleopard-opencl.html> (Дата обращения: 17.02.2013)
9. М. А. Павлейно, В. М. Ромаданов Спектральные преобразования в MatLab. — СПб, 2007. — С. 160
10. Теория и практика цифровой обработки сигналов. URL: <http://www.dsplib.ru/index.html> (Дата обращения: 17.02.2013)

БИБЛИОТЕКА ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПОДДЕРЖКИ ТЕХНОЛОГИИ CUDA

Черемнов А.Г., Аврамчук В.С.

Научный руководитель: Аврамчук В.С., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

Email: Sxandr@gmail.ru

Быстродействие компьютера напрямую зависит как от тактовой частоты работы центрального процессора, так и от особенностей архитектуры конвейерной обработкой команд. В последние несколько лет рост тактовой частоты процессоров замедлился, что объясняется фундаментальными физическими ограничениями при производстве интегральных схем. В тоже время, энергопотребление и тепловыделение пропорционально зависит от тактовой частоты. Так, например, при увеличении тактовой частоты в два раза, тепловыделение увеличивается в 16 раз [1]. Дальнейший рост производительности центральных процессоров достигается за счет увеличения количества вычислительных ядер. Таким образом, используя одновременно несколько слабых процессоров, можно получить большую производительность по сравнению с одним мощным центральным процессором. Предельная производительность процессора в этом случае будет равна сумме предельных производительностей вычислительных ядер [2].

В последнее время для вычислений общего назначения начали активно использоваться графические процессоры (GPU - Graphics Processing Unit). Особая архитектура таких процессоров позволяет эффективно распараллеливать вычислительные процессы и тем самым значительно сокращать время на выполнение арифметических операций [1].

На данный момент существует две основные технологии, ориентированные на использование вычислительных возможностей GPU – CUDA и OpenCL [3]. Реализация распараллеливания вычислений при использовании этих технологий возложена на разработчика программного обеспечения. В первых версиях двухъядерных процессоров фирмы Intel это было реализовано на аппаратном уровне [2].

Технология OpenCL (Open Computing Language) представляет собой дополнение к OpenGL и OpenAL. Технология имеет язык, похожий на C и специальный API для взаимодействия с OpenGL [4].

Технология CUDA (Compute Unified Device Architecture) разрабатывается под GPU компании NVIDIA. Синтаксис языка программирования представляет собой язык C. Это является достоинством этой технологии, так как позволяет использовать специальные функции прямо в тексте программы на языке C.

Структурная схема средств разработки под GPU представлена на рисунке [5].

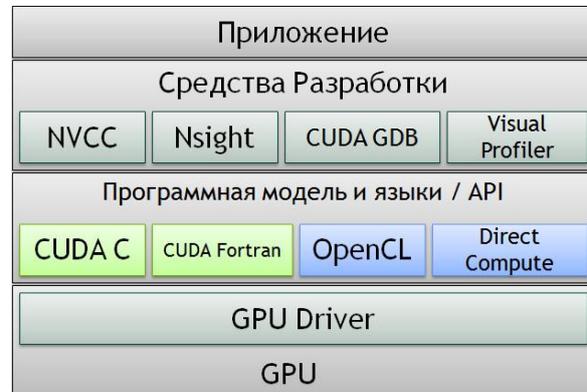


Рис. Структурная схема средств разработки для GPU

Разработка программного обеспечения, эффективно использующего аппаратные ресурсы ЭВМ, является актуальной задачей. Для решения этой задачи необходимо идентифицировать установленный графический адаптер и определить его аппаратные возможности.

Цель настоящей работы заключается в разработке программного модуля идентификации аппаратных возможностей графического адаптера ЭВМ.

На основе изложенного материала была создана специализированная библиотека CUDADetect, содержащая набор процедур и функций.

В созданной библиотеке реализованы следующие функции:

- DetectWinVersion
- GetUserTemp
- HaveYourVgaCuda
- NameOfVGA
- TestYourDevice
- TestYourVga
- UpdateCudaDevicesList

Функция *DetectWinVersion* не имеет входных параметров, позволяет идентифицировать название операционной системы в формате строки. Это необходимо знать, например, для отказа работы целевого программного обеспечения, использующего технологию массивно-параллельных вычислений CUDA в операционных системах семейства Microsoft Windows ниже, чем Windows XP.

Функция *GetUserTemp*, также не имеет входных данных, определяет абсолютный путь к временной пользовательской папке для

операционных систем Windows XP – Windows 8, учитывая специфику этих систем.

Функция *HaveYourVgaCuda* принимает название графического видеоадаптера как входной строковый параметр, сверяет её с базой устройств CUDA и выдаёт на выходе булево значение ИСТИНА – если технология поддерживается, ЛОЖЬ – если технология не поддерживается.

Функция *NameOfVGA*, не имеющая входных параметров, позволяет определить название видеоадаптера в формате строки, взятое из драйвера операционной системы этого устройства.

Функция *TestYourDevice* не имеет входных параметров. Назначение этой функции заключается в определении наличия драйвера графического видеоадаптера. ИСТИНА – если установлен драйвер и работает, ЛОЖЬ – в противном случае.

Функция *TestYourVga*, без входных параметров, принимает на выходе ИСТИНА, если видеоадаптер поддерживает технологию CUDA и ЛОЖЬ, если не поддерживает.

Процедура *UpdateCudaDevicesList* анализирует официальный сайт компании NVIDIA на наличие нового оборудования, поддерживающего технологию CUDA. Информация накапливается и добавляется в файл *CudaDevices.dat*, который впоследствии используется функциями *HaveYourVgaCuda* и *TestYourVga*. Файл располагается в папке, содержащей библиотеку.

Рассмотрим реализацию процедуры *UpdateCudaDevicesList*. Предварительно с официального сайта NVIDIA грузится веб-страница, содержащая список оборудования, поддерживающего CUDA, и сохраняется во временную папку текущего пользователя. Далее происходит построчное считывание из этого файла исходного кода этой страницы и анализ содержимого с целью получения информации о новом оборудовании.

Листинг кода анализа html тегов приведён ниже.

```
AssignFile(InputFile, GetUserTemp +
'CudaDevices.tmp');
reset(InputFile);
while not(eof(InputFile)) do
begin
  setlength(CudaDevice, j + 2);
  readln(InputFile, f);
  if pos('<a class="productNavLink" href=""', f)>0
then begin
  setlength(CudaDevice, j + 1);
  for i := pos('.html">', f) + length('.html">') to
    pos('</a>', f)-1 do
  begin
    CudaDevice[j] := CudaDevice[j] + f[i]
  end;
  inc(j);
end;
end;
```

```
close(InputFile);
... // Запись в файл CudaDevices.dat
... // Открытие файла CudaDevices.dat для
следующей обработки
while not(eof(InputFile)) do
begin
  setlength(CudaDevices, i+2);
  readln(InputFile, Temp);
  if Temp<>" then
  begin
    if pos('/', Temp) > 0 then
    begin
      CudaDevices[i] := copy(Temp, 1, pos('/',
Temp) - 1); inc(i);
      CudaDevices[i] := copy(CudaDevices[i-1], 1,
pos('/', CudaDevices[i-1]) - 1) + ' ' + copy(Temp,
pos('/', Temp) + 1, length(Temp));
    end
    else CudaDevices[i] := Temp; end;
    inc(i);
  end;
  ...
// Запись в файл CudaDevices.dat в общем виде.
```

Таким образом, разработанная библиотека *CUDADetect*, имеет собственный API, который может быть использован для определения графического адаптера компании NVIDIA или установления факта его отсутствия, что позволяет разработчику программного обеспечения предусматривать сразу несколько вариантов поведения программы, выбирая из них наиболее оптимальный с точки зрения оборудования, установленного на компьютере конечного пользователя.

Список литературы

1. Боресков А.В. и др. Основы работы с технологией CUDA. — М.: ДМК Пресс, 2010 — С. 232.
2. Гергель В.П. Высокопроизводительные вычисления многоядерных процессорных систем. — М.: Издательство ННГУ, 2010. — С. 421
3. Kate Gregory, Ade Miller. C++ Amp: Accelerated Massive Parallelism With Microsoft Visual C++ - Microsoft, 2012 - 326 pages
4. Peter Cohen. OpenCL: What you need to know. Macworld. URL: http://www.macworld.com/article/1134858/sn-owleopard_opencl.html (Дата обращения: 17.02.2013)
5. Боресков А.В. и др. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA: Учебное пособие. — М.: Издательство МГУ, 2012 – с. 336

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖИДКОСТНО-СТРУКТУРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ COMSOL Multiphysics

Черкашина Ю.А.

Научный руководитель: Огородников А.С., к.ф-м.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: cherr999y@mail.ru

Моделирование является важной и неотъемлемой частью всей научной деятельности, и многие научные дисциплины имеют свои собственные представления о конкретных видах моделирования. Научная модель легко позволяет прочитать элементы, которые были разбиты на более простые.

Среда моделирования COMSOL Multiphysics облегчает все этапы процесса моделирования - определение геометрии, сетки, физики, решения, а затем визуализации результатов. Он также служит в качестве платформы для применения специальных модулей.

Данный доклад посвящен моделированию жидкостно-структурных взаимодействий в Мультифизике COMSOL. Показано, как поток жидкости может деформировать окружающие конструкции, как найти решение для потока в непрерывно деформирующейся геометрии, используя произвольный Лагранжево-Эйлеров (ALE) метод. Этот метод позволяет перемещать границы без потребности в перемещении сетки. Также он является популярным для моделирования процессов, таких как поток жидкости и обработка металлов давлением.

Подвижная сетка может быть полезна, если границы вычислительной области изменяются во времени или как функция параметра. Дело в том, что новая сетка не должна генерироваться для каждой конфигурации границ - вместо этого, программное обеспечение просто возмущает узлы сетки, чтобы они соответствовали перемещенным границам.

Технику для перемещения сетки называют *произвольным Лагранжево-Эйлеровым* (ALE) методом. Этот метод позволяет перемещать границы без потребности в перемещении сетки [3].

Геометрия модели состоит из горизонтального потока, в середине которого находится препятствие, которое имеет узкое вертикальное строение. Жидкость течет слева направо, за исключением препятствия, которое вынуждает поток искать более узкий путь в верхней части прохода, это накладывает силу на стены конструкции, в результате вязкого сопротивления и давления жидкости. Конструкция, сделанная из непрочного материала, сгибается под действием приложенной нагрузки. Следовательно, поток жидкости также следует за новым путем, так что решение потока в первоначальной геометрии генерировало бы неправильные результаты.

Поток жидкости в этом горизонтальном течении движется слева, и он имеет параболический профиль скорости. Узкое

вертикальное препятствие в протоке (прямое вертикальное строение) вынуждает поток протекать через более узкий путь. Это имитационная модель потока жидкости в деформированной, подвижной сетке, которая следует за перемещением сгибающегося строения.

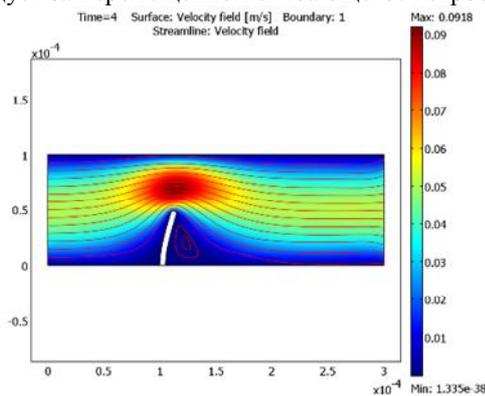


Рис. 1: Скорость потока и деформация геометрии.

Линии указывают направление потока, и цвет указывает величину скорости потока.

ALE метод обрабатывает динамику деформирующейся геометрии и движущихся границ с подвижной сеткой. Мультифизика COMSOL вычисляет новые координаты сетки в области, основанной на движении границ структуры и на сглаживании сетки. Уравнения Навье-Стокса, решающие поток, формулируются для этих подвижных систем координат.

Часть структурной механики модели не требует метода ALE, и COMSOL решает это в неподвижной системе координат. Однако, деформации, которые модель вычисляет таким образом, являются единственным источником для вычисления деформированных координат с методом ALE [1].

Построение модели

Рассмотрим проток - высотой 100 мкм (микрометров) и длиной 300 мкм. Вертикальное препятствие: 5 мкм шириной, 50 мкм высотой, и с полукруглой вершиной - расположенной на расстоянии 100 мкм от левой границы протока. Предположим, что конструкция большой длины в направлении, перпендикулярном к изображению.

Жидкость - подобная воде, имеющая плотность $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ и динамическую вязкость $\eta = 0.001 \text{ Па}\cdot\text{с}$. Предположим, что структура состоит из гибкого материала с плотностью $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$ и Модулем Юнга (продольной упругости) $E = 200 \text{ кПа}$. Модель состоит из жидкой части, решаемой с помощью уравнений Навье-Стокса в протоке, и части структурной механики. Подвижная сетка (ALE) режима приложения гарантирует, что

область потока деформируется вместе с препятствием. Переходные эффекты принимаются во внимание и в жидкости и в структуре.

Смещения и скорости смещений обозначаются u , v , u_t и v_t , соответственно. Поток жидкости описывается уравнениями Навье-Стокса, где компоненты скорости и давление обозначаются u_1 , v_1 , и p_1 , соответственно.

Поток жидкости

Поток жидкости в протоке описывается уравнениями Навье-Стокса для поля скорости $\mathbf{u} = (u, v)$ и давления p , в пространственной (деформированной) движущейся системе координат

$$\rho \frac{d\mathbf{u}}{dt} - \nabla \cdot [-p\mathbf{I} + \eta(\nabla\mathbf{u} + (\nabla\mathbf{u})^T)] + \rho((\mathbf{u} - \mathbf{u}_m) \cdot \nabla)\mathbf{u} = \mathbf{F}$$

$$-\nabla \cdot \mathbf{u} = 0$$

где \mathbf{I} -единичная диагональная матрица, и \mathbf{F} -объемная сила, действующая на жидкость.

Предположим, что нет гравитации других сил, влияющих на жидкость, т.е. $\mathbf{F} = 0$. Скорость системы координат $\mathbf{u}_m = (u_m, v_m)$. На входе протока слева, поток полностью проявляет ламинарные характеристики с параболическим скоростным профилем, но его амплитуда меняется со временем. В первом потоке быстро возрастает, достигая максимального значения в 0.215 с; после чего постепенно снижается до стационарного значения 5 см/с. Осевая скорость в направлении x , обозначается u_m , с установившейся амплитудой U , имеет значение

$$u_{in} = \frac{U \cdot t^2}{\sqrt{(0.04 - t^2)^2 + (0.1t)^2}}$$

Где t должно быть выражено в секундах.

В оттоке (правая граница), условие $p=0$. На сплошные (не деформирующиеся) стены, накладываются условия не проскальзывания, $u=0$, $v=0$, а скорости деформирующейся поверхности приравнивают к скорости деформации, $u_0 = u_t$ и $v_0 = v_t$.

Граничные условия для препятствия устанавливаются к нижней части жидкости протока. Все остальные границы испытывают нагрузки от жидкости, в виде

$$F_T = -n * (-p * \mathbf{I} + \eta(\nabla\mathbf{u} + (\nabla\mathbf{u})^T))$$

где n -вектор нормали к границе. Эта нагрузка представляет сумму давления и вязких сил[3].

На Рисунках 2 и 3 сравниваются сетки в разное время. Первое изображение показывает начальную сетку, которая сгенерирована до решения модели. Эта сетка равномерно распределяется вокруг верхней части конструкции. На втором изображении показана сетка в деформированном виде. Поскольку структура деформируется больше в горизонтальном направлении, сетка также изменяется больше в этом направлении: Слева,

элементы сетки растягиваются; справа, они сжимаются в направлении x .

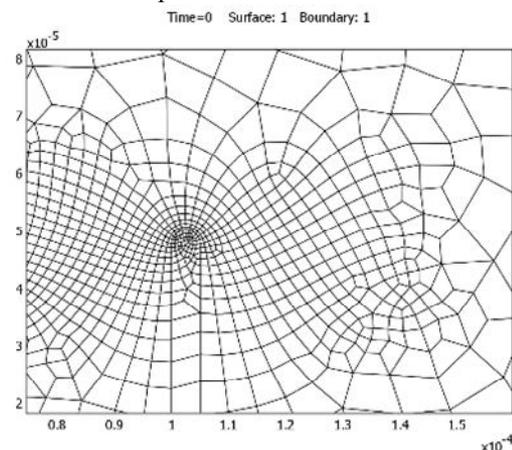


Рис. 2– Начальная (недеформированная) геометрия и сетка около вершины конструкции

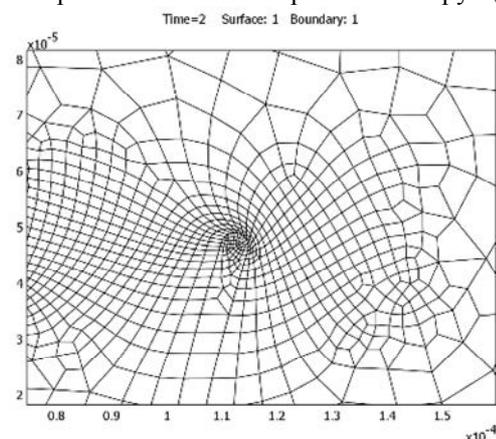


Рис. 3 – Деформированная геометрия и деформированная сетка около вершины конструкции в $t = 2$ с

Построение физических моделей основывается на глубоких и твердых теоретических знаниях предметной области. Поэтому использование пакета COMSOL Multiphysics требует тщательного изучения многих математических методов, реализация которых и приводит к видимым результатам. Моделирование также очень важно для решения инженерных задач, ведь это позволяет сократить сроки разработки и избежать опытов, которые сложно или дорого произвести в реальной жизни.

ЛИТЕРАТУРА

1. COMSOL Multiphysics Modeling Guide. – Version: October 2007, COMSOL 3.5a
2. Structural Mechanics Module User's Guide. – Version: October 2007, COMSOL 3.5a
3. Образовательный математический сайт Exponenta.ru. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.exponenta.ru/>, свободный.
4. Официальный сайт Comsol Multiphysics. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.comsol.com/>, свободный.

ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТЕВОГО ТРАФИКА С ПОМОЩЬЮ ЭКСПЕРТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Черниговский А.В.

Научный руководитель: Кривов М.В., к.т.н., доцент
ФГБОУ ВПО «Ангарская государственная техническая академия»,
665835 Россия, Иркутская обл., г. Ангарск, ул. Чайковского, 60
E-mail: chernigovsky.alex@gmail.com

С развитием сферы высоких технологий промышленного и частного сектора возрастает потребность в передаче и обработке большого объема данных. Многие приложения в силу своей архитектуры и реализации производят большое количество сетевых потоков, которые могут замедлить или полностью парализовать потоки менее децентрализованных приложений. Это приводит к неконтролируемым задержкам в обработке пакетов данных, снижению скорости выполнения запросов, потере данных и падению производительности сети.

Одним из самых передовых и наиболее эффективным решением данной проблемы на сегодняшний день является использование прокси-сервера. С помощью его детерминированных правил и коррелирующих фильтров ограничивается скорость потока, описывается сетевая работа пользователей и протокола. Это дает возможность более корректной работы маршрутизации.

Основным недостатком использования прокси является невысокая эффективность сетевых коммуникаций вследствие нерационального распределения пропускной способности канала. Причиной этого является статический характер заданных правил и коррелирующих фильтров разграничения.

Решением данного недостатка прокси-сервера может стать применение в нем самообучающейся системы, например, нейронной сети. Отличительной чертой такой системы от стандартной модели прокси станет возможность самостоятельного адаптивного обучения без участия человека, а также способность самоорганизации и балансировки. Опыт, полученный в ходе обучения нейронной сети, поможет оптимизировать и распределить работу сетевых потоков приложений, позволяя уменьшить степень загруженности канала.

Это обеспечит максимально эффективную работу любого пользователя вне зависимости от времени и степени загруженности канала.

Целью работы стала разработка системы, содержащей в себе функции прокси-сервера и самоорганизующиеся модели нейронной сети. Для обучения и адаптации к любым сетевым условиям

Научная новизна состоит в новом подходе к применению задач искусственного интеллекта с целью распознавания содержания и типа информации сетевого трафика для классификации и распределения пропускной способности ГВС в режиме реального времени.

Сеть, используемая для эксперимента, состоит из 10 активных пользователей, соединенных с узловым компьютером, на котором установлен настроенный прокси-сервер.

С помощью функции API с прокси-сервера на вход нейронной сети передавались запросы пользователей. В зависимости от их количества формируется гексагональная сетка - условное представление распределения нейронов в зависимости от их весов.

На карту выходов нейронов проецируется взаимное расположение исследуемых входных данных, используя гексагональную сетку, где за единицу ячейки берётся один килобайт трафика. Каждый цвет указывает на принадлежность сетевой деятельности конкретного пользователя (рис. 1а). Нейрон, у которого скалярное произведение весов и входной вектор минимальны, становится центром настройки весов у окружающих нейронов, обучения сети состоит в нахождении схожих закономерностей в представленной плоскости гексагональной сетки путем последовательных приближений (рис. 1б).

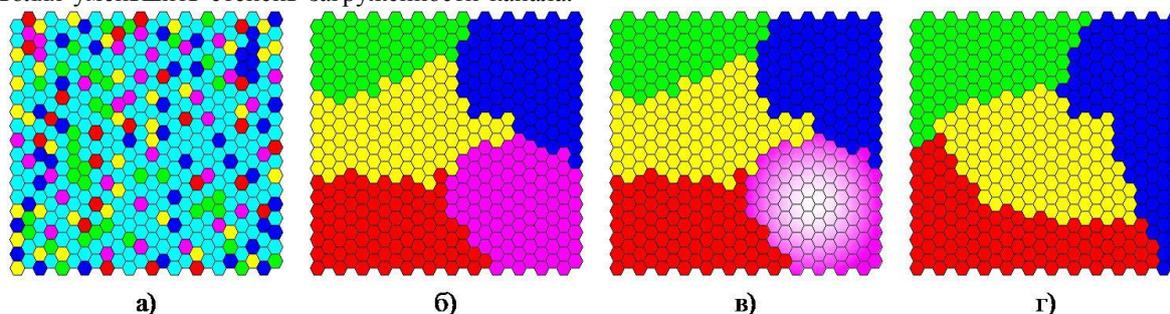


Рис. 1 Основные этапы обучения нейронной сети
а – начало кластеризации; б – окончание кластеризации; в – затухание нейронов пользователя при выходе из сети; г – перераспределение ресурсов трафика.

Получившиеся данные требуют дальнейшей обработки. Поэтому следующий шаг – это передача управления контролем интерпретатору, который согласно заложенному в нем алгоритму производит динамическую балансировку полосы пропускания. Работа сети корректируется исходя из результатов его работы. Если сетевая активность одного пользователей прекращается, нейроны, отображающие его работу в сети, затухают (рис. 1в) и перераспределяются между остальными пользователями сети в зависимости от их активности (рис. 1г).

С возрастанием нагрузки на сеть увеличивается количество используемых потоков, что при достижении текущего порога канала, зависящего от количества активных пользователей, приводит к выставлению рейтинга загружаемого сайта. Полученные данные об удалённых хостах заносятся в базу данных.

Таким образом, в ходе работы происходит обучение сети без вмешательства человека посредством оперирования и дополнения списка удаленных адресов, запрашиваемых пользователями. Это позволяет корректировать входящие и исходящие потоки.

На выходе из нейрона на основе рейтинга, загруженности канала и количества пользователей формируется ширина канала, которая передается как функция API в прокси-сервер.

Ход работы нейронной сети условно можно разделить на четыре этапа.

На первом этапе нейронной сети разница по сравнению со стандартной работой прокси в режиме статического деления незаметна и видны стандартные для такого режима работы прокси явно выраженные потоковые всплески (рис. 2).



Рис. 2 Начальный этап обучения исследуемой модели распределения трафика

На втором этапе обучения наблюдается тенденция к оптимизации деления канала (рис. 3). Это достигается с помощью калибровки весов, направленной на балансировку и регулирование потоков данных, что дает возможность использования пропускной способности в зависимости от нагрузки для каждого пользователя.



Рис. 3 Второй этап обучения исследуемой модели распределения трафика

На третьем этапе после довольно продолжительного обучения система определила хосты, которые забивают трафик, а интерпретатор позволила разгрузить канал (рис. 4). Это достигается не только способностью регулирования кластерных групп, но и самоорганизацией внутри кластера.



Рис. 4 Третий этап обучения исследуемой модели распределения трафика

Четвертый, или конечный этап обучения данной модели характеризуется некоторой задержкой выполнения запросов, которая возникает при продолжительной работе нейронной сети. Было предположено, что проблема в недоработке программного кода

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что использование подобной модели возможно, но требует дальнейшей доработки алгоритма и оптимизации работы системы.

В конечном итоге сеть Кохонена позволила упростить многомерную структуру и представить ее в пространстве с более низкой размерностью, а также подготовить ее для последующей обработки алгоритмом интерпретатора. Цветовая палитра дала возможность опознать потоки данных конкретных пользователей, а цветовая растяжка позволила выявлять источники сетевой нагрузки.

В ходе опыта показатели работы сети сравнивались со стандартным прокси-сервером. Было выявлено, что несмотря на малые различия на начальном этапе работы сети, в дальнейшем за счет минимизации потоковых скачков показатели работы сети улучшились, ее работа стала более стабильной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джонс М.Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях. - М.: ДМК Пресс, 2004. - 312 с.
2. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2001. - 287 с.
3. Бордак Е.В., Белоусов О.А. Применение нечеткой нейронной сети при управлении кэшем прокси-серверов беспроводной сети. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2011. Специальный выпуск (36). С. 13-16.
4. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика – М.: Горячая линия - Телеком, 2001. – 382с.
5. Руденко О.Г., Бодянский Е.В. Искусственные нейронные сети – Харьков, 2005. – 407с.

ОТСЛЕЖИВАНИЕ И ОБХОД ПРЕПЯТСТВИЙ ПЛАТФОРМОЙ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ ARDUINO UNO С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДАРА НА ИК ДАТЧИКЕ

Черных А.А.

Научный руководитель: Тутов И.А.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: russk1j@mail.ru

Введение

В производственной деятельности и жизни человеческого общества автоматизация с каждым днём приобретает всё большую роль в жизни человека. За последние годы в связи с заметным уменьшением природных ресурсов, тревожными глобальными изменениями климата и ростом численности населения Земли, роль автоматизации всё больше усиливается, а сферы её применения непрерывно расширяются.

На сегодняшний день практически не существует технических устройств, которые не содержат элементов автоматики – начиная от простых устройств, используемых в быту, и заканчивая сложнейшими промышленными установками. Современное человечество использует различные устройства, без которых сегодня невозможно представить себе комфортную и безопасную повседневную жизнь.

Элементы платформы и принцип работы алгоритма

В предыдущей статье “РАЗРАБОТКА ПЛАТФОРМЫ НА ОСНОВЕ ARDUINO UNO ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА АЛГОРИТМОВ ОБХОДА ПРЕПЯТСТВИЙ ПОДВИЖНЫМ ОБЪЕКТОМ” был рассмотрен вариант определения препятствий перед роботом ультразвуковыми датчиками, жестко закрепленные на раме по краям. У этого метода есть недостатки, а именно, наличие “мертвых зон”. К тому же данный способ требует определенных вычислительных затрат для составления карты местности. Траектория движения робота при обходе препятствий не такая плавная.

Для эргономики и быстрого прохождения через преграды было решено использовать радар, за основу которого взят инфракрасный дальномер, диапазон измерений которого от 20-150 см. Данный датчик стабильно работает и удовлетворяет нашим условиям. Сзади уже применяется ультразвуковой дальномер, чтобы при отступлении робота от преграды не наткнуться на другой предмет (задней частью).

Таким образом, применяя радар, реализуется метод усреднения. Робот сканирует местность, и анализируя площади секторов, определяет наиболее оптимальную траекторию. Изменяя скважность ШИМ, который генерируется модулем управления двигателем, по командам, поступающим от микроконтроллера, робот плавно поворачивает в нужную сторону за счет разной

скорости вращения моторов при требуемых условиях для исключения полной остановки.

Рассмотрим данный принцип подробнее. Согласно рис. 1. и рис. 2. В первом случае робот движется прямо, то есть в ту сторону, где площадь больше. Во втором случае робот подвернет вправо, так как площадь справа больше.

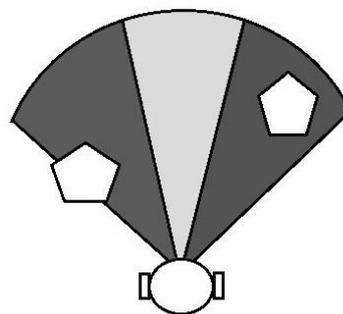


Рис. 1. Сканирование роботом предметов

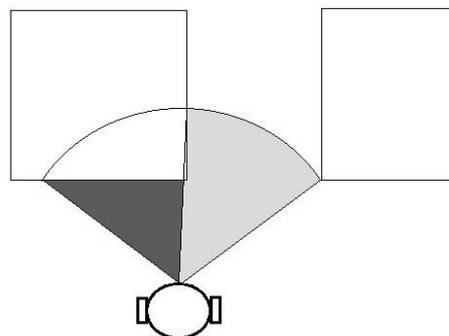


Рис. 2. Сканирование роботом преграды

Устройство радара

Радар состоит из ИК сенсора, закрепленного на редукторе, понижающий обороты двигателя для быстрого, и в то же время детального сканирования окружающего пространства. Для определения точки отсчета сканирования используется прерывание. При одном полном обороте датчика вызывается прерывание, и идет заново сканирования области перед роботом для обнаружения препятствий. Припаянный штырек при прохождении через энкодер вызывает прерывание. Соединение ИК датчика с входом на микроконтроллер осуществляется с помощью скользящего контакта.

Устройство ИК сенсора состоит в том, что для определения расстояния либо просто наличия объекта в поле зрения сенсора используется метод триангуляции и малая линейная CCD матрица.

Основная идея в следующем. Импульсы ИК излучения испускаются излучателем. Это

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРАНЕНИЯ ВРЕМЕННОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ ПРИ ОДНОНАПРАВЛЕННОМ ПРЕДСКАЗАНИИ В СТАНДАРТЕ *H.265/HEVC*

Шарабайко М.П.

Научный руководитель: Марков Н.Г., д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: sme_box@tpu.ru

Развитие систем кодирования цифрового видео началось с разработки системы визуальной телефонии для использования в сетях *ISDN*. Идея заключалась в передаче изображений и звука между специальными терминалами, чтобы абоненты могли разговаривать и видеть друг друга. Система такого типа вынуждена передавать большие объемы данных, так что встал вопрос сжатия [1].

H.120 (ITU-T Rec. H.120) – первый стандарт цифрового кодирования видео, разработанный в 1984 году. Черно-белое видео с частотой 30 кадров/с и разрешением *QCIF* (176×144 пикселей) можно было передавать со скоростью 2 Мбит/с, что явно было слишком много, например, для использования в сетях *ISDN* [1].

С принятием стандарта *ITU H.261* [5] в 1990 г началось практическое применение цифрового кодирования видео. Целью являлась передача видео по сетям *ISDN* со скоростями, кратными 64 кбит/с, и разрешением *CIF* или *QCIF*. Используемый ранее канал передачи 2 Мбит/с позволял теперь вместить 32 канала такого же разрешения и качества (64 кбит/с × 32 = 2048 кбит/с) [2].

Со временем видео такого разрешения и качества стало отставать от возросших разрешающих способностей телеаппаратуры. Возможность дальнейшего развития систем цифрового телевидения в общемировом масштабе предоставил принятый в 1996 г стандарт *MPEG-2 (H.262 или MPEG4 Part 2)*. Стандарт поддерживает разрешение стандартной четкости (*SD*, 720×576/480 пикселей), а также сигналы высокой четкости (*HD*) разрешением 1920×1080 пикселей [1]. В настоящее время он широко используется для передачи телевизионных сигналов стандартного разрешения и телевидения высокой четкости (ТВЧ) по спутниковым, кабельным и наземным каналам связи и для хранения видеосигналов на *DVD* [3].

Стремительное развитие видеотехники, телевидения, кино и интернет приводило к возрастанию качества и объемов видео данных. Стандарт *MPEG-2* становился все менее эффективным для решения таких задач. Разработка нового стандарта *H.264/AVC* позволила добиться существенного улучшения сжатия и качества, которое некоторые тесты оценивают как в 4 раза лучшее объективное качество, чем у *MPEG-2*. Это позволяет получить видео стандартной четкости вещательного качества при потоке в 1,5 Мбит/с, что примерно соответствует 12 сжатым телевизионным программам, передаваемым в полосе частот, прежде занятой одним аналоговым ТВ-каналом [2].

В настоящее время разрешение видео возросло со стандартной четкости (720×576 пикселей) до

высокой (1280×720 - *HD* и 1920×1080 - *FullHD*) четкости. Уже появляются телевизоры сверхвысокой четкости с разрешением 3840×2160 (*4K UHD TV*) и 7680×4320 (*8K UHD TV*). С целью сокращения размера сжатых видеоданных до двух раз при сохранении качества декодированного изображения, был разработан и в феврале 2013 года принят стандарт *H.265/HEVC*.

Инструменты сжатия стандарта *H.265/HEVC*, являясь развитием идей стандарта *H.264/AVC*, позволяют существенно повысить эффективность сжатия. В докладе рассматриваются изменения в стандарте *H.265/HEVC* по сравнению с *H.264/AVC*, а также исследуется влияние отдельных нововведений на повышение общей эффективности сжатия.

Стандарт *H.265/HEVC*

Основной структурной единицей видео кадра в стандарте *H.265/HEVC* является блок кодирования (*CU* – сокр. от англ. *Coding Unit*). Внутри каждого *CU* выбираются области – блоки предсказания (*PU* – сокр. от англ. *Prediction Unit*) и блоки преобразования (*TU* – сокр. от англ. *Transform Unit*), задающие, соответственно, области предсказания и области для вычисления дискретного ортогонального преобразования от остаточного сигнала. В отличие от макроблока в стандарте *H.264/AVC*, максимальный размер *CU* увеличен с 16×16 до 64×64 пикселей, а разбиение на блоки выполняется адаптивно в виде квадродерева.

Для устранения пространственной избыточности добавились дополнительные углы внутреннего предсказания. Их влияние на эффективность сжатия была рассмотрена в работе [4].

Устранение временной избыточности в целом такое же, как в *H.264/AVC*. При компенсации движения может использоваться четверть-пиксельная интерполяция. Она обладает более длинной импульсной характеристикой по сравнению с интерполяцией в стандарте *H.264/AVC*: вместо 6 пикселей теперь используется 8. Кроме того добавлен новый режим кодирования – слияние (англ. *merge*). Он позволяет унаследовать данные о предсказании всей *CU* от одного из 5 соседних *PU* – кандидатов на слияние. В результате можно добиться сокращения объема передаваемой информации.

Стандарт *H.265/HEVC* предусматривает 4 размера *TU*: 4×4, 8×8, 16×16 и 32×32 пикселя. Над ними выполняются целочисленные аналоги дискретного двумерного косинус- и синус-преобразования Фурье. В стандарте *H.264/AVC* преобразования могут выполняться над блоками размером 4×4, 8×8 или 16×16 пикселей.

Процедура квантования спектральных коэффициентов преобразованного сигнала в стандартах *H.264/AVC* и *H.265/HEVC* практически одинакова.

Существенное влияние на качество декодированных изображений, особенно при больших квантователях, и на степень сжатия видеоданных оказывает пост-фильтрация, которой подвергаются декодированные изображения. Их влияние на эффективность сжатия в данном докладе опускается.

На заключительном этапе кодирования значения квантованных спектральных коэффициентов и сопутствующая информация, необходимая при декодировании для выполнения предсказаний, подвергается арифметическому кодированию. Этот этап является общим для *AVC* и *HEVC*.

Для практического исследования эффективности сжатия нового стандарта *H.265/HEVC* используется тестовый набор видеопоследовательностей (табл. 1)[5]. Используются реализация *HM* версия 9.0 стандарта *H.265/HEVC* и реализация *JM* версия 18.3 стандарта *H.264/AVC*. При сжатии допускаются ссылки только на предшествующие кадры (однонаправленное предсказание).

Таблица 1. Тестовый набор видео последовательностей

Название	<i>BasketballDrill</i>	<i>BigBuckBunny</i>
Разрешение	832×480	1280×720
Частота (кадр/с)	50	30

На рис. 1 и рис. 2 приведены графики соотношения степени сжатия и количеству потерь видео. Кривая «*HEVC 64-4*» соответствует полному набору решений нового стандарта *H.265/HEVC*. Максимальный размер *CU* 64×64 пикселя, минимальный 8×8, разрешены подразбиения на *PU* и подразбиения на *TU*. Кривая «*HEVC 16-2*» аналогично кривой «*HEVC 64-4*», за исключением максимального размера *CU*, который равен 16×16. Кривая «*HEVC 16-0*» не допускает никаких подразбиений. Размеры всех блоков *CU*, *PU* и *TU* равны 16×16 пикселей. Кривая «*HEVC 16×0 TU*» аналогична кривой «*HEVC 16-0*», но разрешены подразбиения *TU* до размера 4×4 пикселя. Наконец, кривая «*AVC*» показывает эффективность сжатия стандарта *H.264/AVC* с максимально приближенными настройками к настройкам сжатия «*HEVC 16-2*» (максимальный размер макроблока в *H.264/AVC* равен 16×16).

Уменьшение максимального размера *CU* с 64×64 до 16×16 уменьшило эффективность сжатия на 5-10%. В отсутствии возможности подразбиения блоков размером 16×16 эффективность сжатия уменьшилась на 13-15%. При этом включение адаптивного подразбиения *CU* 16×16 на *TU* размером до 4×4 позволяет повысить эффективность на 5-7%.

По сравнению со стандартом предыдущего поколения *H.264/AVC* эффективность сжатия на данных видео последовательностях и настройках увеличилось на 40-42% при ограничении

максимального размера блока в *H.265/HEVC* максимальным размером макроблока 16×16 пикселей в *H.264/AVC*. Без таких ограничений эффективность сжатия выше на 50%.

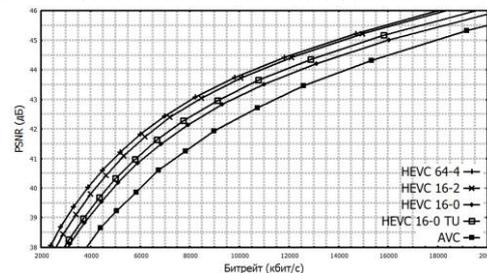


Рис. 1. Результаты кодирования видеопоследовательности *BasketballDrill*

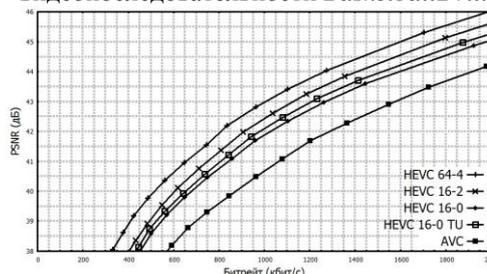


Рис. 2. Результаты кодирования видеопоследовательности *BigBuckBunny*

На данных тестовых последовательностях и настройках не удалось получить двукратного уменьшения битрейта при сжатии *H.265/HEVC* (кривая «*HEVC 64-4*») по сравнению с *H.264/AVC* (кривая «*AVC*»). Приведенные результаты свидетельствуют лишь о полуторакратном увеличении эффективности. Вероятно, что при использовании двунаправленного предсказания эффективность сжатия дополнительно повысится.

Видно, что чем больше разрешение, тем больше влияет использование блоков размером 64×64 на эффективность сжатия (рис. 2 по сравнению с рис. 1). Адаптивное разбиение изображения на блоки можно считать наиболее важным инструментом нового стандарта *H.265/HEVC*.

Список литературы

- Jacobs M., Probell J. A Brief History of Video Coding. ARC International, 2007.
- Salomon D. Data Compression: The Complete Reference. 3rd ed. Springer, 2004. 900 p.
- Дворкович В., Чобану М. Проблемы и перспективы развития систем кодирования динамических изображений // *Mediavision*. 2011. № 2-5, 7.
- Шарабайко М.П. Сжатие опорных видео кадров в стандарте *H.265/HEVC* // «Молодежь и современные информационные технологии»: Сборник трудов X Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск, 13-16 ноября 2012 г. – Томск: Изд-во ТПУ. – с. 40-42.
- Набор тестовых последовательностей, используемых комитетом по разработке стандарта *H.265/HEVC*. [URL] <ftp://hvc:US88Hula@ftp.tnt.uni-hannover.de/testsequences>.

СИСТЕМНЫЙ МОДУЛЬ «УПРАВЛЕНИЯ ДОСТАВКОЙ» С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИНТЕГРАЦИИ В РАЗЛИЧНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ «1С:ПРЕДПРИЯТИЕ» 8.2

М.А.Швачич

Научный руководитель: Лазеева М.П., ст. преп.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева, г.Кемерово
Shvamik@gmail.com

Введение

В современном мире многие организации уделяют особое внимание автоматизации труда, это позволяет ускорить процесс принятия решений и выполнения заказов клиентов. Оперативное выполнение заказов – это важный показатель деятельности любой организации, особенно, если речь идет о службах доставки. В распоряжение таких служб попадает большое количество заявок, которые необходимо обработать и определить маршрут доставки. При этом важную роль играет оперативное принятие решений. Таким образом, возникает проблема исключения ошибок при быстром принятии решений, решить которую можно с помощью автоматизации бизнес-процессов организации.

Автоматизация бизнес-процессов

Программный продукт реализован на платформе «1С Предприятие 8.2». Приложение представляет собой обособленный блок, предназначенный для использования с конфигурациями «Управление торговлей, ред. 11», «Комплексная автоматизация, ред. 1.1», «Управление производственным предприятием, ред. 1.3» [1,4].

Основными задачами, для решения которых предназначен разработанный блок, является упрощение работы пользователя конфигурации 1С, занимающегося обработкой заявок на доставку товара, а также оперативный контроль исполнения заявок (рис. 1).

Основные возможности приложения:

- оформление заявок на доставку с указанием адреса получателя, массы и объема груза;
- автоматическое построение маршрута доставки;
- учет грузоподъемности и вместимости при расчете маршрута следования транспортного средства до точки доставки;
- редактирование маршрута доставки диспетчером вручную при необходимости;
- автоматическое формирование маршрутных листов по сформированному маршруту;
- подтверждение исполнения, контроль статуса доставки.

Вышеперечисленные функции позволяют пользователю минимизировать время обработки заявки, что означает увеличение производительности труда сотрудника, а значит и увеличение эффективности деятельности предприятия. Кроме того, как и любое приложение, автоматизирующее

бизнес-процессы на предприятии, оно призвано уменьшить число ошибок, образующихся по причине человеческого фактора. Таким образом, симбиоз человека и программы снижает вероятность возникновения ошибок при доставке товара заказчику.

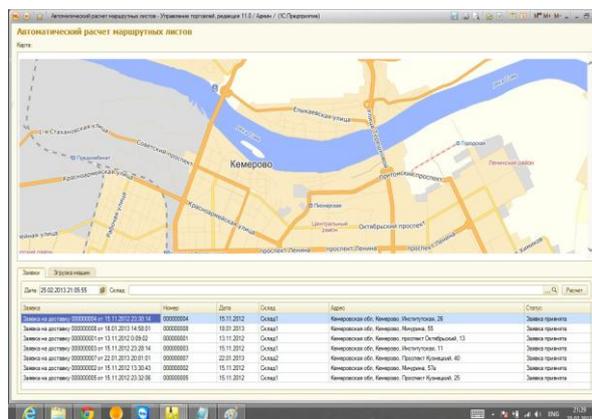


Рис 1. Интерфейс приложения

Особенности автоматизации

Формирование маршрутов доставки реализовано таким образом, чтобы общая протяженность маршрута была минимальной. Для этого в процессе построения используется алгоритм кластеризации по методу k-средних с использованием меры расстояния «Евклидова метрика в квадрате». Основная идея алгоритма заключается в том, что на каждой итерации вычисляется центр масс для каждого кластера, полученного на предыдущем шаге, затем векторы разбиваются на кластеры вновь в соответствии с тем, какой из новых центров оказался ближе по выбранной метрике. Алгоритм завершается, когда на какой-то итерации не происходит изменения кластеров. Это происходит за конечное число итераций, так как количество возможных разбиений конечного множества конечно, а на каждом шаге суммарное квадратичное отклонение уменьшается [2].

Такой механизм позволяет обеспечить отсутствие пересечений в маршрутах следования транспортных средств, осуществляющих доставку товара от склада до потребителя. При построении маршрута также учитывается масса и объем груза, который могут вместить машины. Если товар из одного кластера не вмещается в машину, тогда точки доставки записываются в маршрутный лист по методу ближайшего соседа до предела вмести-

мости и грузоподъемности транспортного средства.

Немаловажным является отслеживание работоспособности транспортного средства и его территориальное нахождение относительно склада. Пользователь перед расчетом задает склад, с которого будет осуществляться доставка товара. Система выбирает из общей массы заявок те, в которых указан этот склад отгрузки. После выбора заявок приложение формирует маршрутные листы для транспортных средств, закрепленных за складом отгрузки.

Преимущества разработанного блока

Система позволяет отобразить построенный маршрут на карте. Визуализация маршрута следования транспортного средства позволяет пользователю увидеть маршрут движения груза, что обеспечивает дополнительный контроль оптимальности маршрута, особенно в городах с большой сетью дорог. Эта функция реализована при помощи API сервиса «Рамблер-Карты»

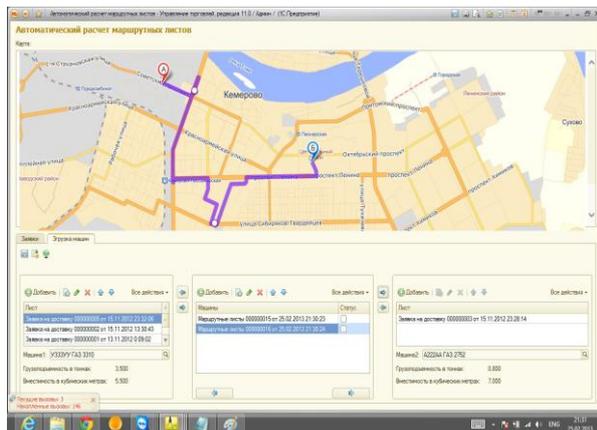


Рис 2. Корректировка сформированного маршрута

После выполнения автоматического расчета следования транспортного средства диспетчер может корректировать маршрут (рис. 2). Внесенные диспетчером изменения подвергаются повторной проверке на вместимость товара в машину, благодаря чему исключается возможность перегрузки машины.

Если результат автоматической работы приложения не устраивает диспетчера, блок предоставляет возможность полностью ручного формирования маршрутных листов. После заполнения маршрутного листа в ручном режиме приложение проверит возможность транспортировки груза в выбранных машинах (рис. 3).

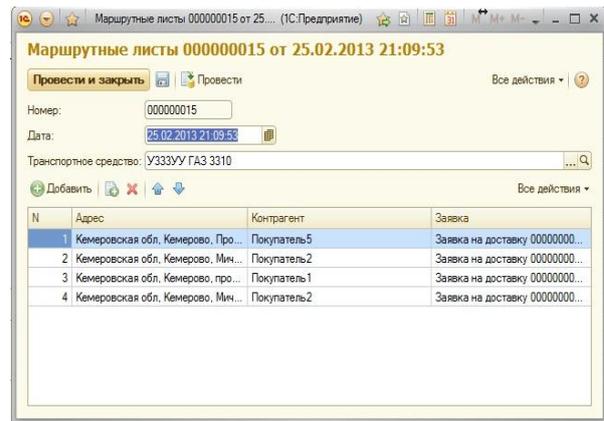


Рис 3. Ручной режим формирования маршрутных листов

Перспективы развития

Планируется дальнейшее развитие блока, в частности, разработка мобильного приложения на базе «1С Предприятие 8.3» для операционной системы Android 2.3 и выше, которое позволит курьеру в режиме реального времени отправлять отчет о доставке товара. Этот механизм позволит контролировать курьера и качество его работы [3].

Кроме того, рассматривается возможность интеграции блока с конфигурацией «1С: Управление автотранспортом», что позволит упростить выписку путевых листов и усилить контроль движения ГСМ на предприятии [4].

Заключение

Использование данной автоматизированной системы позволит повысить скорость обработки заявок и построения маршрутов. Кроме того, сократится число ошибок, связанных с «потерей» заявок по причине человеческого фактора, будут исключены ситуации их неправильного распределения по машинам с учетом максимальной вместимости и грузоподъемности. Одним из преимуществ системы является визуальное отображение маршрута на карте, что облегчает диспетчеру его восприятие и, при необходимости, последующую корректировку.

Литература

1. Разработка управляемого интерфейса - / В.А Ажеронок, Е.Ю. Хрусталева: ООО «1С-Публишинг», 2010. - 723с. ил.
2. Решение специальных прикладных задач в "1С:Предприятии 8.2" - / Хрусталева: ООО «1С-Публишинг», 2012. - 300с. ил.
3. Технологии интеграции «1С: Предприятия 8.2» - / Хрусталева: ООО «1С-Публишинг», 2011. - 358с. ил.
4. <http://its.1c.ru/> - Информационно - технологическое сопровождение пользователей 1С предприятия.

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОВЕДЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ IPTV

Шевченко Е.В.

Научный руководитель: Алексеев А.А., аспирант каф. ОСУ
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: spirited56@mail.ru

Введение

IPTV – это перспективная технология, которая позволяет эффективно передавать телевизионный канал по интернет-протоколу. В отличие от других видов цифрового телевидения (эфирного, кабельного и спутникового) IP-TV – полностью интерактивный сервис, функционирующий в рамках мультисервисных сетей [1].

На текущий момент существует множество систем, позволяющих отслеживать качество вещания и анализировать нагрузку на сеть, что позволяет провайдерам принимать решение о модернизации оборудования, замене неисправного оборудования и т.д. Данные системы позволяют мониторить лишь аппаратные компоненты (маршрутизаторы, коммутаторы, TV-приставки и т.д), но не позволяют анализировать поведение пользователей во время просмотра телеканалов, с целью выявления их предпочтений. Данные сведения могут быть полезны телеканалам и рекламодателям, поскольку позволит им оптимизировать содержание рекламы и сетки вещания

В данной статье будет описана архитектура разрабатываемой в рамках ВКР системы, которая позволит в значительной степени автоматизировать процесс анализа и оценки рекламного и телевизионного контента.

Функциональные требования к системе

Для создания системы необходимо сформировать ряд требований на основе которых будет построена архитектура будущей системы:

1. Система должна автоматически формировать и экспортировать в базу данных первичные данные. Для этого необходимо разработать специальный программный модуль и настроить введение логов на сервере вещания.
2. Система должна хранить данные об активности пользователей. Для этого необходимо спроектировать базу данных, в которой будет храниться вся статистика по пользователям.
3. Система должна формировать отчеты со статистикой в нужном пользователю формате. Для этого необходимо реализовать алгоритмы формирования статистики, в виде SQL-запросов или программного кода.
4. Пользователи должны иметь возможность удаленно работать с системой и формировать статистику вне зависимости от

клиентской ОС. Для этого необходимо использовать Web-технологии.

5. Пользователь должен иметь возможность выгрузки отчетов в отдельный файл формата doc, pdf, xls. Для этого необходимо реализовать модуль экспорта в файл.

6. Отчеты должны строиться по заданным временным срезам. Для этого необходимо реализовать SQL - запросы или хранимые процедуры.

7. Система должна иметь двунаправленную связь при работе с данными БД. Для этого необходима программная реализация алгоритмов по редактированию данных.

Архитектура системы

На основе сформированных требований была разработана архитектура системы, представленная на рис 1.

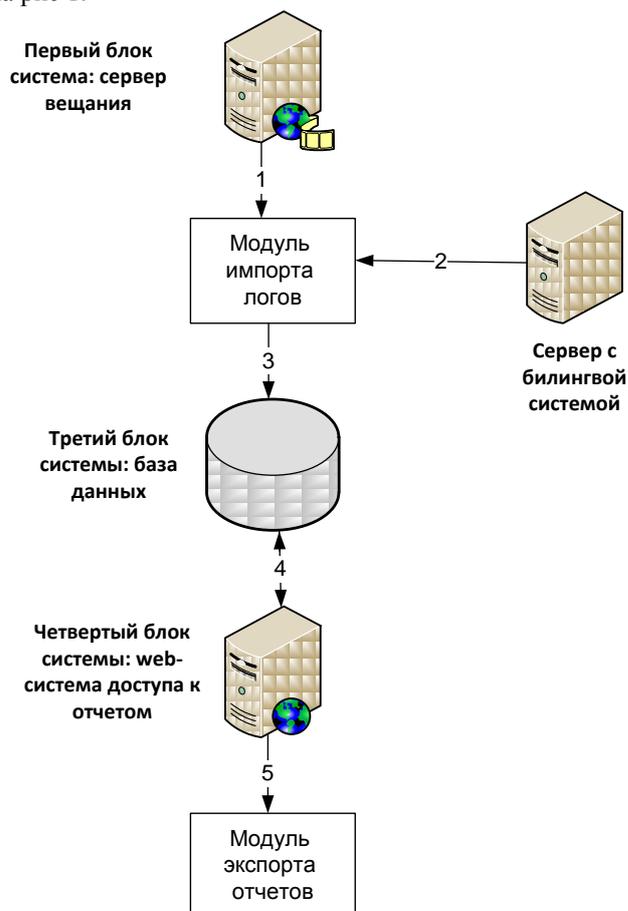


Рис. 1. Архитектура системы и потоки данных
Описание функциональных блоков разрабатываемой системы представлено в табл.1.

Таблица 1. Функциональные блоки системы

Блоки системы	Название блока	Описание блока
Первый блок	Сервер вещания IPTV	Сбор первичных данных, с помощью специальной программы формирующая лог-файл. Лог файл – это экспортный файл (в текстовом формате), который содержит информацию о сетевой активности пользователей IPTV.
Второй блок	Сервер биллинговой системы	Сбор общей сетевой статистики по пользователям сети.
Третий блок	Модуль предварительной обработки данных	Служба, реализованная на языке программирования C#. Работа данной службы заключается в том, чтобы при формировании новых лог-файлов импортировать новую статистику в базу данных.
Четвертый блок	База данных	Содержит всю информацию об активности пользователей IPTV, за различные временные срезы.
Пятый блок	Web-система	Система удаленного доступа, которая, работает с базой данных, формирует статистику по различным срезам. Статистика в системе будет представлена в виде таблиц и графиков.
Шестой блок	Модуль экспорта отчетов	Экспорт, сформированных в web-системе отчетов, в различные форматы xls, pdf, doc.

Потоки данных системы

В системе, в соответствии с рис 1. можно выделить 5 потоков данных:

Поток 1. Данные из сформированных лог-файлов или данные с маршрутизаторов;

Поток 2. Данные из биллинговой системы;

Поток 3. Обработанные данные из лог-файлов, данные маршрутизатора и данные из биллинговой системы;

Поток 4. Двусторонняя передача информации между базой данных и web-системой, по средствам запросов к базе и записи в базу;

Поток 5. Сформированные данные из web-системы в модуль экспорта отчетов.

Формы отчетов

Примеры отчетов, реализуемые в рамках системы мониторинга представленных в табл. 2-3:

Таблица 2. Форма отчета популярных каналы

Название канала	Текущее количество пользователей	Макс кол-во просмотров + дата	Среднее количество пользователей просматривающих канал

Таблица 3. Форма отчета популярный канал у пользователя

Ip-адрес пользователя	Название канала	Общее время просмотра канала

Таблица 4. Форма отчета популярные передачи определенного жанра

Название жанра	Название передачи	Среднее количество просмотров передачи	Макс кол-во просмотров + дата

Таблица 5. Форма отчета популярный жанр у конкретного пользователя

Ip-адрес пользователя	Название жанра	Общее время просмотра жанра

Заключение

Детальная проработка архитектуры разрабатываемой системы позволит в значительной степени конкретизировать ряд задач по разработке системы и сформировать общую концепцию системы мониторинга активности пользователей IPTV.

В дальнейшем планируется поэтапная программная реализация каждого системного блока, на основе разработанной архитектуры системы, выполняемая в рамках дипломной работы.

Список литературы.

1. Connect. Мир связи [Электронный ресурс]: Интернет журнал, режим доступа свободный: <http://www.connect.ru/article.asp?id=6997> (дата обращения 25.02.2013)

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ KINECT УПРАВЛЕНИЯ АНДРОИДОМ BIOLOID

Шеломенцев Е.Е.

Научный руководитель: Александрова Т.В., ассистент
Томский политехнический университет

E-mail: see4me@mail.ru

Введение

Особое внимание в развитии современной робототехники уделяется роботам андроидного типа. В качестве наглядного (учебного) пособия используется платформа Bioloid Premium Kit. В литературе [1-3] уделяется большое внимание теоретической составляющей управления данным типом роботов. Данная статья посвящена практической реализации способа управления с применением сенсора Kinect.

Основная идея заключается в копировании роботом действий оператора.

Алгоритм управления содержит две составляющие:

- получение координат контрольных точек, расположенных на теле оператора;
- формирование управляющих воздействий на сервомоторы робота.

Для выполнения первой подзадачи можно воспользоваться различными программными библиотеками и инструментами, такими как OpenNI, OpenCV, Microsoft Kinect SDK. Сенсор Kinect позволяет получить данные о положении 20 различных контрольных точек, расположенных на теле оператора (рис.1).

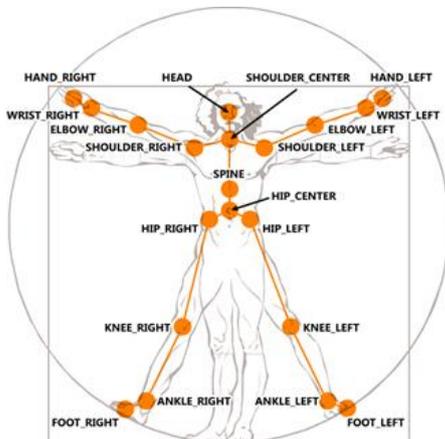


Рис.1. Расположение контрольных точек

Положение каждой точки задается тремя координатами x,y,z в системе, связанной с сенсором (рис.2).



Рис.2. Система координат Kinect

Данный факт следует учесть при формировании управляющих воздействий.

Kinect SDK, используемый в проекте, имеет встроенную функцию определения человека в пространстве, что позволяет сосредоточиться на преобразовании полученных данных с сенсора. Один из примеров иллюстрирует процесс получения данных о «скелете» человека (рис.3).

```
NUI_SKELETON_FRAME skeletonFrame = {0};
HRESULT hr = m_pNuiSensor->NuiSkeletonGetNextFrame(0, &skeletonFrame);
if ( FAILED(hr) )
{
    return;
}

// smooth out the skeleton data
m_pNuiSensor->NuiTransformSmooth(&skeletonFrame, NULL);

// Ensure Direct2D is ready to draw
hr = EnsureDirect2DResources( );
if ( FAILED(hr) )
{
    return;
}
```

Рис.3. Пример программы получения данных с сенсора

Таким образом, на выходе этой функции имеем структуру данных, содержащую различную информацию о считанном «скелете», в том числе и положение точек, формирующих «скелет». Далее находим углы между определенными векторами, сформированными с помощью координат точек «скелета». Эти углы и будут ключевой информацией, используемой в формировании управляющих воздействий для сервомоторов робота.

Теперь рассмотрим объект управления – сервомотор робота (рис.4).

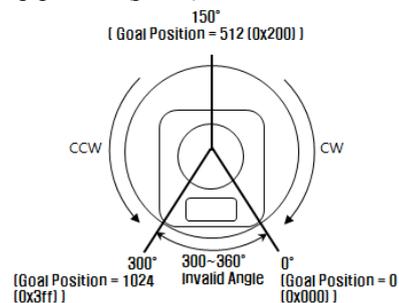


Рис.4. Позиции сервомотора робота

На рисунке 4 показано, что сервомотор имеет ограничение позиционирования и определенную схему управления: поворот против часовой стрелки ведет к увеличению номера позиции сервомотора, и наоборот поворот по часовой стрелке к уменьшению. Задание угла поворота следует производить, учитывая схему

позиционирования. Рассмотрим схему расположения сервомоторов, и конструктивную схему их крепления на руке роботе (рис.5).

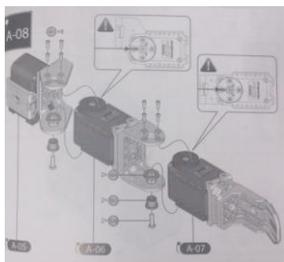


Рис.5. Конструктивная схема руки робота

Из рисунка 5 следует, что простое задание угла, полученного с сенсора Kinect, приведет к сомнительным результатам, поэтому следует использовать стандартную позицию сервомоторов робота, и пересчитывать все углы относительно нее. В результате получим формулу вида:

$$Pos = 512 - Orient \cdot (angle - std) / 360 \cdot 1024, \quad (1)$$

где Pos – позиция сервомотора, соответствующая текущему положению тела оператора, Orient – коэффициент ориентации сервомотора, зависящий от положения в конструкции робота, angle – угол между векторами сочленения «скелета», std – угол стандартной позиции сервомотора.

Применение формулы (1) возможно лишь для простых сочленений, содержащих одну степень подвижности (сгиб). Позицию сервомоторов, отвечающих за дополнительную степень подвижности в сочленении, необходимо рассчитывать несколько иначе.

Рассмотрим плечевое сочленение для нахождения зависимостей позиций сервомоторов от позы «скелета», полученного от сенсора Kinect. Определение позиции сервомотора, отвечающего за сгибание/разгибание плеча не вызывает затруднений, его можно найти аналогично формуле (1). Сложности возникают при определении позиции сервомотора, вращающего плечо относительно тела. А именно, необходимо определить векторы, угол между которыми является определяющим позицию сервомотора. Кандидатами являются те же векторы, что были использованы при определении угла сгиба, но в данном случае нам понадобятся их проекции на плоскость XZ. Таким образом, можно определить позиции всех сервомоторов.

В результате имеем сформированный вектор управляющих воздействий для сервомоторов. Следующая задача передать этот вектор по назначению. Для этого воспользуемся специальной прошивкой для Bioloid, позволяющей оперировать с сервомоторами робота через протокол RS-232. Далее необходимо программно сформировать пакет пересылаемых роботу данных, следующей структуры: 0XFF 0XFF [Номер сервомотора] [Длина пакета]

[Инструкция] [Параметр 1]...[Параметр N] [Контрольная сумма]. В качестве инструкции следует отправить значение 3, которое позволит произвести запись, параметры записи следует указать после инструкции, первым параметром будет адрес стартового поля, содержащего позицию сервомотора, следующие два параметра зависят от заданной позиции.

Вывод

В результате проделанной работы были выявлены основные проблемы, возникающие при управлении роботом с помощью сенсора Kinect, такие как:

- перекрытия органов управления оператора в ходе работы
- потеря производительности при отправке управляющих воздействий
- неточность управления ввиду ограниченного количества степеней подвижности
- сложность определения угла, соответствующего стандартной позиции сервомотора.

Преимуществами данного вида управления являются:

- возможность формирования управляющих команд для робота в режиме реального времени.
- расширение возможностей взаимодействия робота с внешней средой (манипуляции с предметами).
- возможность записи определённых движений и вызова их с помощью голосовых команд.
- низкая стоимость необходимого для управления оборудования

Литература

1. Шеломенцев Е.Е., Дусеев В.Р. *Сравнительный анализ различных способов управления роботом андроидного типа* // «Современные техника и технологии»: Труды XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых учёных. – Томск, 2012.
2. Шеломенцев Е.Е. *Управление роботом андроидного типа с помощью сенсора Kinect* // Управление в технических, эргатических, организационных и сетевых системах: Труды 5-ой Российской мультikonференции по проблемам управления. – Санкт-Петербург, 2012.
3. Arnaud Ramey, Victor González-Pacheco, Miguel A Salichs. *Integration of a Low-Cost RGB-D Sensor in a Social Robot for Gesture Recognition* // 6th international conference on Humanrobot interaction. – Lausanne, 2011.

ОРГАНИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ПО ЗАДАННОЙ ТРАЕКТОРИИ

Шпакова А.М., Бабиасова А.Н., Юдина О.П.

Научный руководитель к.т.н., доцент Михайлов В.В.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина,30
sashka_shpakova_ne@mail.ru

Большое развитие в настоящее время получили мобильные роботы, способные реагировать на команды, идентифицировать местоположение трехмерных объектов, преодолевая при этом препятствия и двигаясь по определенной траектории.

Главной мотивацией для создания и изучения таких роботов является их практическая значимость и ценность, как объектов, способных заменить человеческий труд на жизнеопасном производстве, выполнять недоступную человеку деятельность и совершать монотонные и однообразные действия в автономном режиме. Примерами таких роботов являются роботы, исследовавшие поверхность Марса и Луны, роботы, помогающие людям в повседневной жизни - выполняющие определенные задания в больницах, офисах, музеях и домашнем хозяйстве. Также нашли они свое применение и в производственной практике. Маршруты на складах и помещениях фабрик осуществляются без оператора, либо посредством направляющих линий, расположенных на полу, либо по свободно – определенному маршруту в пределах заданного помещения.

Для моделирования работы мобильных роботов и средств автоматизации и используется учебный комплекс Robotino, представленный на рис. 1.



Рис. 1. Мобильная система Robotino

Учебная система Robotino, как и все мобильные роботы:

- 1) оснащена устройствами автономной ориентации, способна распознавать объект и предотвращать столкновение с ним;
- 2) имеет специальное компьютерное обеспечение RobotinoView и работает на автономном энергообеспечении;
- 3) включает в себя единую систему собственных датчиков и приводов робота. [1]

Обладая перечисленными выше качествами, учебная система Robotino позволяет ознакомиться с многогранными техническими областями знания мобильной робототехники, такими как:

- 1) произвести получение и обработку различных данных с датчиков, в том числе с встроенной веб-камеры;
- 2) управлять электрическим приводом;
- 3) осуществлять графическое программирование функционирования робота;
- 4) программирование автономной навигации с использованием языка программирования C++.

Так как Robotino предназначается, главным образом, для решения учебных задач, то он выполнен модульно; все технические компоненты (электроприводы, датчики, камера), можно отключать от робота и изучать отдельно.

Целью данного исследования является организация движения робота по траектории, задаваемой в программе RobotinoView, и в то же время проверка правильности совершаемого перемещения робота.

Для осуществления поставленной цели необходимо решить ряд задач, таких как:

1. Изучить принцип работы мобильного робота Robotino;
2. Изучить программу Robotino View, посредством которой будет осуществляться организация движения робота;
3. Разработать стратегию движения робота и наглядно представить ее в виде блок-схемы в программе RobotinoView;
4. Убедиться в правильности осуществляемого перемещения, используя камеру, таким образом, научиться понимать прослеживание траектории через камеру.

Robotino View – визуальный язык программирования. Процессы и взаимосвязи возникают за счет соединения функциональных блоков. Программа полностью соответствует ожидаемым от робота поведенческим свойствам и создается значительно проще, благодаря наглядности использования каждого из компонентов. [2]

Так как в осуществлении ключевых задач используется модульный блок Camera, рассмотрим его подробнее.

Функциональный модуль Camera разрешает доступ изображениям web-камерам Robotino. Камера подсоединена к устройству сопряжения через один из двух USB разъёмов. Разрешение изображения может быть отрегулировано поворотом линзы.

Изображение с камеры отображается в диалоговом окне функционального блока, представленном на рис. 2. Размер изображения

изменяется увеличением диалогового окна. Размер изображения на экране показывается в процентах (1) от действительного размера изображения. Цветовое пространство можно выбрать через среднее окно списка(2). Список справа (3) включает набор двух возможных разрешений (320 x 240, 640 x 480). [2]

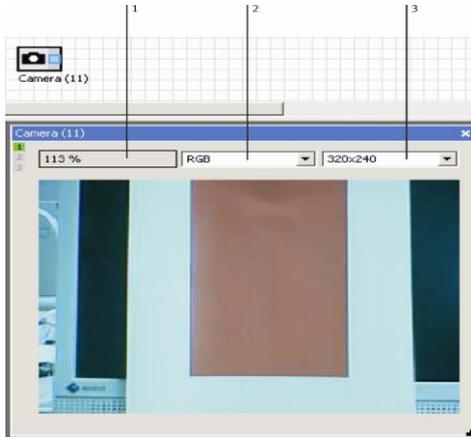


Рис. 2. Устройство камеры

Так как движение будет совершаться по специально заданной ранее траектории, то рассмотрим за основу программу, осуществляющую движение посредством выставления двух координат. Используем блоки PathDriver и Position View, которые находятся в подпункте Navigation, показанном на рис. 3.

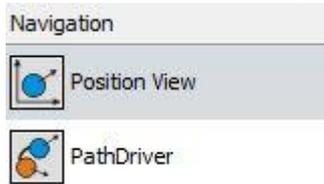


Рис. 3. Блоки навигации

Созданная программа продемонстрирована на рис. 4.

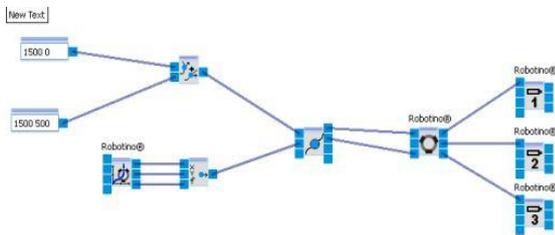
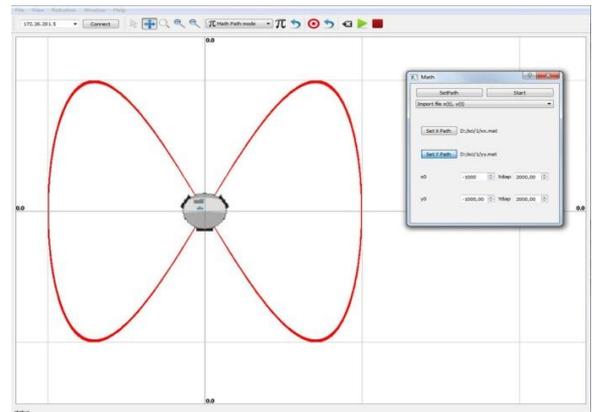


Рис. 4. Вариант программы перемещения

Также рассмотрим движение робота по заданной траектории, как, например, фигура Лиссажу.[3]

1) Для начала создадим в программе Matlab листинг для создания траектории данной фигуры, чтобы в последующем использовать его для загрузки в программу – имитатор.

```
>> f1=2000; Tk=2*(1/f1);
A1=5; N=450;
f1=1.5; dt=(Tk-Tn)/(N-1);
f2=4000; T=Tn:dt:Tk;
A2=5; U1=A1*sin(2*3.14*f1*T+f1);
f1=1.5; U2=A2*cos(2*3.14*f2*T+f2);
Tn=0; plot(U1,U2);
```



2) Проводим моделирование в виртуальном комплексе Robotino Control, как показано на рис. 5.

Рис. 5. Моделирование в программе Robotino Control

3) Загрузим результаты расчета в программу управления роботом. Robotino будет двигаться по заданной траектории.

Траектория отображается и запоминается в окне программы управления для последующего автономного воспроизведения.

Литература

1. Официальный сайт Festo [Электронный ресурс]
 Режим доступа: <http://www.festo-didactic.com/>
 свободный.
2. Book of exercises. Festo Didactic GmbH & Co KG 2007.
3. Программы Robotino [Электронный ресурс]
 Режим доступа: <http://www.fcet.staffs.ac.uk/>
 свободный

ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ САТИА И МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ САТИА

Юдина О.П., Бабинасова А.Н., Шпакова А.М.

Научный руководитель: Михайлов В.В., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: olgayudina190691@mail.ru

Несколько десятков лет назад практически каждый рисунок изготавливался лишь с помощью карандаша или туши. САПР коренным образом изменил эту ситуацию.

Система САТИА (Computer Aid Three-Dimensional Interactive Application - компьютерная поддержка трехмерных интерактивных приложений) - комплексная система автоматизированного проектирования (CAD - Computer Aided Design), технологической подготовки производства (СAM - Computer Aided Manufacturing) и инженерного анализа (CAE - Computer Aided Engineering).

САТИА предлагает пользователю широкий спектр возможностей для систем автоматизированного проектирования благодаря следующим функциям [1]:

- Механическое проектирование.
- Проектирование форм.
- Инженерный анализ.
- Модули работы с базами данных.
- Проектирование оборудования и систем.
- Проектирование инженерных коммуникаций.
- Программирование станков ЧПУ.
- Инфраструктура.

Вследствие эволюционного развития систем автоматизации на предприятиях, стало ясно, как важно интегрировать все элементы автоматизации на предприятии. Технология PLM (Product Lifecycle Management) - это управление жизненным циклом изделия (рис. 1).



Рис. 1. Технология PLM

Такой подход позволяет отслеживать весь процесс создания изделия — от идеи до утилизации. САТИА V5 — главная особенность системы PLM. Пакет САТИА PLM Express, структурированный на основе шести общих ролей, обеспечивает все функциональные возможности [2]. Рассмотрим их подробнее:

1. "Layout" позволяет на самых ранних стадиях удостовериться в том, что разрабатываемое изделие действительно может быть изготовлено.

2. Style - проектирование и промышленный дизайн идут рука об руку. Промышленные дизайнеры могут с легкостью создать набросок и без труда трансформировать двумерные чертежи или эскизы в трехмерные виртуальные модели.

3. "Mechanical" позволяет быстрее, чем когда бы то ни было, предлагать нетерпеливым клиентам необходимую им продукцию.

4. "Equipment" определяет все сложное оборудование виртуального продукта, позволяя создавать имитационную модель системы до того, как она начнет функционировать.

5. "Optimize and Review" предлагает более широкий набор инструментов анализа в сочетании с продвинутой трехмерной средой совместного проектирования.

6. "Manufacture" позволяет заметно сократить затраты времени и средства на весь процесс производства и гарантировать качество продукции.

Другой особенностью системы PLM является то, что существует три различные платформы: P1, P2 и P3. Каждая платформа ориентирована на определенный уровень потребности клиентов: САТИА V5 P1 (платформа 1) представляет собой набор модулей классической «средней» CAD/CAM-системы, которая является неотъемлемой частью единой PLM-среды.

САТИА V5 P2 (платформа 2) это мощная CAD/CAM/CAE-система класса high-end, обладающая максимальным набором инструментов для разработки изделий с использованием механизмов накопления знаний и управления цифровым макетом изделия.

САТИА V5 P3 (платформа 3) наиболее полная и функциональная конфигурация САТИА. Это позволяет использовать передовые инновации с очень специализированными приложениями для интеграции профессиональных знаний продуктов и процессов.

3D-моделирование в программной среде САТИА является лучшим способом визуализации будущего проекта. Объемная модель в данной программе просматривается с разных сторон и является цифровым макетом готового изделия. В случае несоответствия расчётов, специалист сразу вносит изменения в трехмерную модель.

Для примера использования программной среды САТИА рассмотрим создание трехмерных деталей цилиндрического одноступенчатого редуктора, а затем произведем сборку составных частей данного редуктора.

Проследим последовательность действий создания 3D-модели редуктора. Создание каждой

новой детали начинается с плоского контура в рабочей среде построения эскиза Sketcher (рис. 2).

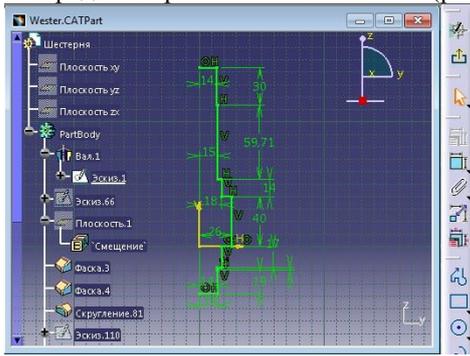


Рис. 2. Эскиз детали

Создав эскиз, можно переходить в трехмерное пространство и заканчивать объемную модель детали (рис. 3).

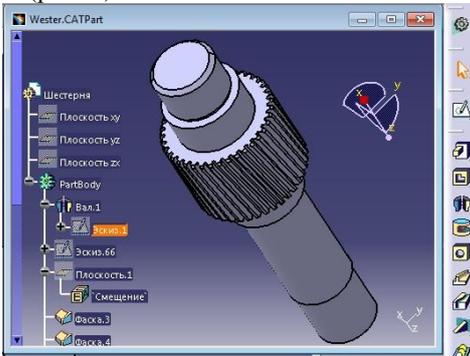


Рис. 3. Трехмерная деталь

Завершающим этапом в создании трехмерной модели является сборочное проектирование. Сборки создаются в рабочей среде Assembly Design (Проектирование сборки) [3]. При помощи специальных инструментов закрепляем каждую из деталей редуктора (рис. 4).

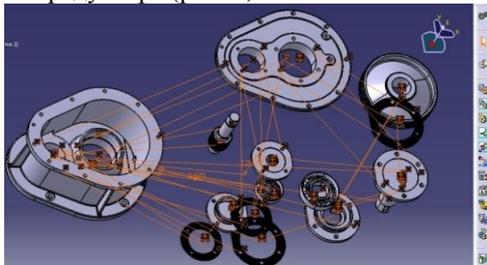


Рис. 4. Создание связей

В итоге получаем законченную модель редуктора (рис. 5).

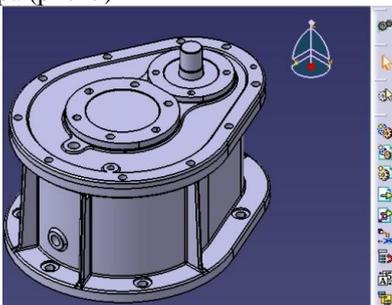


Рис. 5. Трехмерная модель редуктора

На любом этапе проектирования детали можно обнаружить ошибки. Даже в случае их обнаружения в законченной модели всегда можно их исправить. Дерево спецификаций содержит всю историю построения деталей, что позволяет вернуться на необходимый этап разработки и исправить ошибку. Для примера рассмотрим изменение диаметра шестерни. В дереве спецификации необходимо найти базовый примитив и зайти в эскиз (рис. 6). На данном

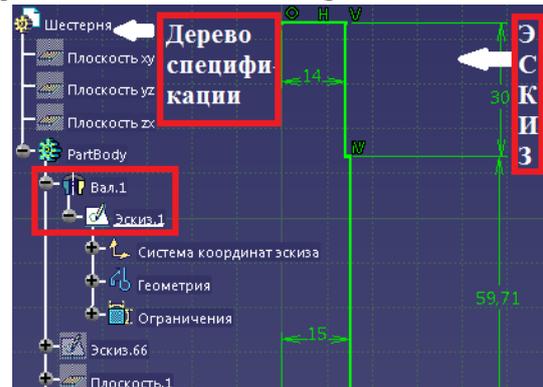


Рис. 6. Структурные особенности эскизе можно изменить любой размер. Изменим диаметры ступеней вала и их длину (рис. 7).

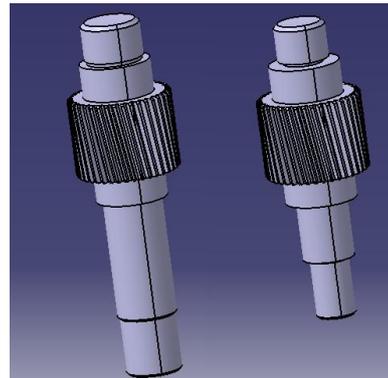


Рис. 7. Изменение размеров детали

Таким образом, без затруднений можно изменять и модифицировать конструкцию и размеры у готовой детали при наличии несовпадений.

Литература:

1. Сайт САТІА [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.catia.spb.ru/>.
2. Официальный сайт Dassault Systemes [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.3ds.com/ru/>.
3. Басов К.А. САТІА V5. Геометрическое моделирование. — М.: ДМК Пресс; Спб.: Питер, 2008. — 269 с.

ФИЗИКО- МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСКОЛКОВ ТЕХНОГЕННОГО МУСОРА С КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ

Ярош В.В., Думчев К.А.

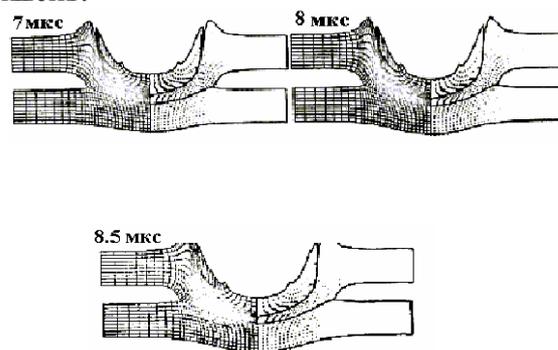
Научный руководитель: Хорев И.Е. д.т.н., профессор
Томский университет систем управления и радиоэлектроники,
634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина 40
E-mail: yarosh@sibmail.com

В докладе рассматриваются вопросы безопасности ближнего космоса с точки зрения воздействия осколков техногенного мусора на элементы космических аппаратов. Проводится математическое и компьютерное моделирование процесса высокоскоростного взаимодействия техногенных осколков с плоскими преградами (монолитными и разнесенными), имитирующими защиту космических аппаратов от кинетического воздействия техногенных частиц.

Осколки техногенного мусора имеют довольно широкий спектр по массам, формам и скоростям столкновения их с действующими космическими объектами. При этом возможные скорости встречи таких осколков с космическими аппаратами при догонных и лобовых столкновениях колеблются в широких пределах (от 0 до 15 км/с). Физически понятно, что наибольшую опасность при столкновениях представляют высокоплотные, высокопрочные удлиненные осколки по космическому аппарату (при этом достигается максимальная проникающая и пробивная способность осколков) и групповом ударе компактных осколков определенной плотности на единицу поверхности. При этом происходит локальное поверхностное разрушение конструкций, а так же панелей солнечных батарей, иллюминаторов, костюмов космонавтов и т.д. Математическое моделирование проникающей и пробивной способности различных осколков проводилось модифицированным методом конечных элементов, показавшим свою работоспособность при изучении ударных явлений в течение последних двадцати лет [1,2]. Поведение данной среды при интенсивных ударных нагрузках характеризуется модулем сдвига, динамическим пределом текучести и

константами кинетической модели разрушения, описывающей зарождение, рост и эволюцию микроповреждений, которые непрерывно изменяют локальные свойства материала и вызывают релаксацию напряжений[3,4]. Компьютерным моделированием установлено, что в случае проникания высокопрочных осколков (недеформирующихся) наиболее эффективной защитой является монолитная преграда, обеспечивающая максимальное сопротивление внедряющемуся телу по сравнению с любой эквивалентной по весу разнесенной конструкцией. В случае проникания компактных деформирующихся осколков в монолитные и эквивалентные им по весу разнесенные конструкции показано, что наиболее эффективной защитой выступает двухпреградная разнесенная мишень.

Рис.1 Двухпреградная разнесенная мишень.



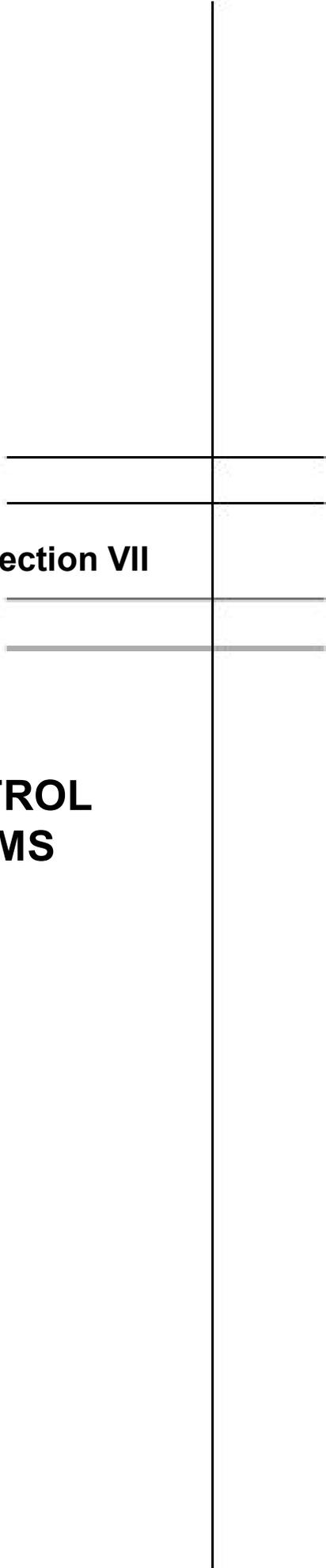
Это связано с тем, что разрушение первой и второй пластины происходит по существенно различным кинетическим механизмам. Для преграды, которая первой воспринимает удар осколка, определяющим является механизм срезания диска, диаметр которого лишь незначительно превосходит диаметр деформированного ударника. Для второй пластины характер-

но развитие повреждений ее под действием растягивающих напряжений, возникающих и действующих в горизонтальной плоскости. В итоге большая эффективность разнесенной двухпреградной конструкции объясняется тем, что для обеспечения одинаковой степени деформации и разрушения ее тыльной поверхности, ударник затрачивает в этом случае больше кинетической энергии. Аналогично установлено и выяснено, что в случае проникания в мишень деформирующегося осколка (стержня) с удлинением порядка 10 (отношения длины ударника к диаметру) наиболее стойкой выступает трехпреградная разнесенная конструкция по сравнению с монолитной и любой другой разнесенной. Обнаружено, что для стержней большого удлинения (порядка 20 и более) возникают новые физические особенности в процессе проникания в мишени, вызванные потерей продольной устойчивости таких осколков, что резко снижает их проникающую и пробивную способность. Установлено наличие критических удлинений стержневых ударников в зависимости от скорости встречи, при которых стержень теряет продольную устойчивость в процессе проникания. При

ударе под углом осколков обнаружены особенности разрушения тыльной поверхности преград и шрапнельное действие фрагментов откольного эллипса на запреградную область. Предложены методы существенного ослабления шрапнельного эффекта в конструкциях космических аппаратов.

Литература

1. Хорев И.Е., Горельский В.А., Расчет окольных разрушений в преградах при ударе. Детонация: Материалы II Всесоюзной совещания по детонации. Черноголовка. 1981. С 149-153
2. Хорев И.Е., Горельский В.А., Осесимметричный откол в задачах широкогодиапазонного взаимодействия твердых тел. ДАН, 1983, т.271, №3, с. 623-626.
3. Хорев И.Е. Физическое и математическое моделирование разрушения материалов и конструкций по анализу предразрушения соударяющихся тел// Химическая физика, 2002, т.21, № 9, с. 16-20.
4. Хорев И.Е., Зелепугин С.А., Коняев А.А., Сидоров В.Н., Фортов В.Е. Разрушение преград группой высокоскоростных тел// Доклады РАН, 1999, т.369, № 4, с.481-485.



Section VII

**INFORMATICS AND CONTROL
IN ENGINEERING SYSTEMS**

EFFECT OF MULTIPATH CHANNEL ON OFDM SYMBOLS

Husam M.A. Ariqat

Department Scientific Supervisor: Nemirovsky M.S., Professor
Moscow Technical University of Communications and Informatics
Russia, 111024, Moscow, Str. Aviamotornaya, Building No 8a
E-Mail: hariqat@yahoo.com

Introduction

There are many factors impacting the robust of the OFDM received signal and effecting the OFDM synchronizations frame solidity which causing the symbol timing Offset (STO) and reflecting on breaking up the orthogonality of the signal which is the fundamental requirements for Modulations / demodulations that used for building and retrieving the data of the received signal .

Mathematically Descriptions

the multipath channel delay of the OFDM signal causing STO & causing the inter symbol interference , in order to express that , please Consider the Lth OFDM signal :

$$x_1(t) = \sum_{k=0}^{N-1} X_1(K) e^{j2\pi f_k(t - IT_{\text{sym}})}, \quad IT_{\text{sym}} < t < IT_{\text{sym}} + nT_s,$$

for the channel with an impulse response of the $h_1(t)$, the received signal is given as :

$$\begin{aligned} y_1(t) &= x_1(t) * h_1(t) + z_1(t) \\ &= \int_0^{\infty} h_1(\tau) x_1(t - \tau) dt \\ &+ z_1(t), \quad IT_{\text{sym}} < t < IT_{\text{sym}} + nT_s \end{aligned}$$

Where $z_1(t)$ is the additive white Gaussian noise (AWGN) process, taking the samples of equation at $nT_s = nT_{\text{sym}}/N$, The equation can be represented in a discrete time as follows :

$$\begin{aligned} y_1[n] &= x_1[n] * h_1[n] + z_1[n] \\ &= \sum_{m=0}^{\infty} h_1[m] x_1[n - m] + z_1[n] \end{aligned}$$

Where $x_1[n] = x_1(nT_s)$, $y_1[n] = y_1(nT_s)$, $h_1[n] = h_1(nT_s)$, and $z_1[n] = z_1(nT_s)$

In order to understand an ISI effect of the multipath channel, we consider the illustrative examples for the discrete-time channel in the figure 1 , where two

impulse responses with different lengths are shown along with their frequency responses, figure 1, a2 illustrates an ISI effect of multipath channel over two consecutive OFDM symbols, let T_{sub} denote the duration of the effective OFDM symbol without guard interval.

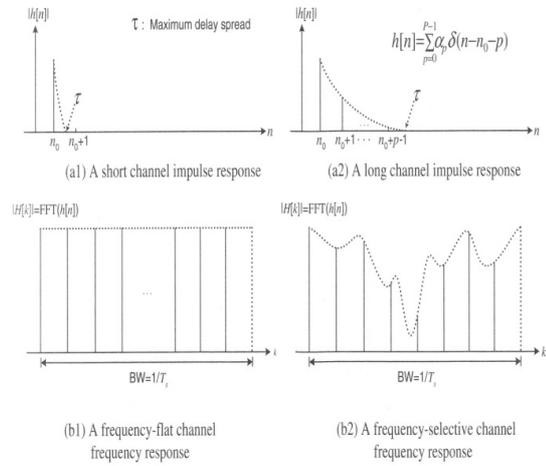


Figure 1: Impulse frequency response of discrete – time channel

$$\mathbf{W} = \frac{1}{T_s}, \Delta f = \frac{W}{N} = \frac{1}{NT_s}, \text{ and } T_{\text{sub}} = NT_s = 1/\Delta f$$

By extending the symbol duration by N times($T_{\text{sub}} = NT_s$), the effect of the multipath fading channel is greatly reduced on the OFDM symbol, however, its effect still remains as a harmful factor that may break the orthogonal among the subcarriers in the OFDM scheme.

OFDM Synchronizations Requirements

To guarantee the performance of OFDM, there must be some means of dealing the with the ISI effect over the multipath channel, a guard interval between two consecutive OFDM symbols will be essential

The OFDM guard interval can be inserted in two different ways , one in zero padding (ZP) that pads the guard interval with zeros , the other is the cyclic extension of the OFDM symbol (for some continuity) with CP (Cyclic Prefix) or CS (Cyclic suffix) .

CP is to extend the OFDM symbol by copying the last samples of the OFDM symbol into its front, the length of the guard interval can be set longer than or equal to the maximum delay of the multipath channel.

Cyclic suffix is also a cyclic extension of the OFDM system, it is different from CP only that CP is the copy of the head part of an effective OFDM symbol, and it is inserted at the end of the symbol, CS is used to prevent the interference between the upstream and downstream, and also used as the guard interval for frequency hopping or RF convergence.

Now, if we supposed that the CP length is set not shorter than the maximum delay of the channel and the FFT window start point of an OFDM symbol is determined within its CP interval unaffected by previous symbol, then the OFDM receiver takes the FFT of the received samples $\{y_1(n)\}$

$$Y_1[K] = \sum_{n=0}^{N-1} y_1[n] e^{-\frac{j2\pi kn}{N}}$$

$$= \sum_{n=0}^{N-1} \left\{ \sum_{m=0}^{\infty} h_1[m] x_1[n-m] + z_{1[n]} \right\} e^{-\frac{j2\pi kn}{N}} + Z_1[k]$$

$$= \sum_{n=0}^{N-1} \left\{ \sum_{m=0}^{\infty} h_1[m] \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_1[i] e^{j2\pi i(n-m)/N} \right\} \right\} e^{-j2\pi kn/N} + Z_1[k]$$

$$= \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \left\{ \sum_{m=0}^{\infty} h_1[m] e^{-j2\pi im/N} \right\} x_1[i] \sum_{n=0}^{\infty} e^{-j2\pi(k-i)n/N} e^{-j2\pi kn/N} + Z_1[k]$$

$$= H_1[k] X_1[k] + Z_1[k]$$

Where $H_1[k]$, $X_1[k]$ and $Z_1[k]$ denote the Kth subcarrier frequency components of the Lth transmitted symbol, received symbol, channel frequency response and noise in the frequency domain respectively.

Since $Y_1[K] = H_1[k]X_1[k]$ under no noise condition, the transmitted symbol can be detected by one tap equalization, which simply divides the received symbol by the channel $X_1[k] = Y_1[K]/H_1[k]$

Results & Conclusion

The bit error rate of the OFDM scheme and the analytical BER expression for M-ary QAM signaling in AWGN and Rayleigh channels are respectively given as:

$$P_e = \frac{2(M-1)}{M \log_2 M} Q \left(\sqrt{\frac{6E_b}{N_0} \cdot \frac{\log_2 M}{M^2-1}} \right) : \text{AWGN channel}$$

$$P_e = \frac{M-1}{M \log_2 M} \left(1 - \sqrt{\frac{3\gamma \log_2 M / (M^2-1)}{3\gamma \log_2 M + 1}} \right) : \text{Rayleigh fading channel}$$

Where γ and M denote $\frac{E_b}{N_0}$ and the modulation order, respectively while $Q(\cdot)$ is the standard Q-function defined as

$$Q(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_X^{\infty} e^{-t^2/2} dt$$

Note that if N_{used} subcarriers out of total

N (FFT size) subcarriers (except $N_{\text{vc}} = N - N_{\text{used}}$ virtual subcarriers are used for carrying data, the time-domain SNR, SNR_t differs from the frequency-domain SNR, SNR_f as follows:

$$\text{SNR}_t = \text{SNR}_f + 10 \log \frac{N_{\text{used}}}{N} [\text{dB}]$$

Through Matlab program, evaluating the guard interval impact on reducing the multipath and delay effect on the Symbol timing offset and reducing the Inter symbol interference and improving the bit error rate and OFDM frame stabilities:

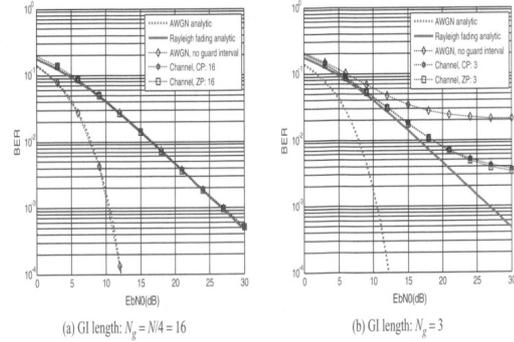


Figure 2 : BER simulations results

References:

- [1] Yong Soo Cho, Jaekwon Kim, Won Young Yang and Chung G. Kang, MIMO-OFDM wireless communications, IEEE 2010, ISBN 978-0-470-82563-1
- [2] P. Moose, "A technique for orthogonal frequency-division multiplexing frequency offset correction," IEEE Transactions on Communication, 1994, 10: 2908-2914
- [3] T. Schmidl and D. Cox, "Robust frequency and timing synchronization for OFDM," IEEE Trans. Commun, vol. 45, no.12, 1997:1613-1621
- [4] Yun Hee Kim, Young Kwon Hahm, Hye Jung Jung, Ickho Song, "An Efficient Frequency offset Estimator for Timing and Frequency Synchronization in OFDM system" 1999 IEEE
- [5] M. Morelli, U. Mengali. An improved frequency offset estimator for OFDM applications, IEEE Communications Letters, 1999, 3(3): 75-77
- [6] H. Minn, M. Zeng, and V. K. Bhargava, "On Timing Offset Estimation for OFDM Systems" IEEE Communications Letters, VOL. 4, NO. 7, JULY 2000, pp 242-244
- [7] Byungjoon Park, Hyunsoo Cheon, Changeon Kang, and Daesik Hong "A Novel Timing Estimation Method for OFDM Systems", IEEE Communications Letters, VOL. 7, NO. 5, MAY 2003, pp.239-241
- [8] K. Shi, E. Serpedin. Coarse Frame and Carrier Synchronization of OFDM Systems: A New Metric.

LEARNING MANAGEMENT SYSTEMS. THE DEVELOPMENT OF ELECTRONIC COURSE FOR STUDENTS

Balashova O.V

Scientific advisor:

Language advisor: Pichugova I.L., senior teacher

National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia

E-mail: helga1991@sibmail.com

In the ever-evolving world of online applications electronic learning (or e-learning) becomes extremely popular approach in educational system. **E-learning** includes all forms of electronically supported learning and teaching. It is expected to give new opportunities for education. This method of learning appeals to students as young as the middle school level, all the way to students who are working to get their Master's degree. A **learning management system (LMS)** is a software application used for supporting educational process online [1]. LMS products and software allow any organization to develop electronic coursework, deliver it with unprecedented reach and flexibility, and manage its continued use over time. [2] All learning management systems have the same basic set of features, such as:

- Creation of class rosters, control over registration processes, and the ability to create waiting lists.
- Upload and management of documents containing curricular content.
- Delivery of course content over web-based interfaces, most often allowing remote participation by the instructor or pupil.
- Creation and publication of course calendars.
- Interaction between and among students, such as instant messaging, email, and discussion forums.
- Methods of assessment and testing (like creating pop quizzes).

The main purpose to be achieved in this work is to create a course for discipline Professional English for Master degree students.

To achieve the main goal following steps need to be done:

- Choose a tool for course developing
- Observe main set of features and structure of tool
- Study a source-material for future course.
- Choose a basic structure of electronic course [2]

A tool for course developing

One of the best tools for creating an effective online learning course is Moodle. Moodle is an Open Source Course Management System (CMS), or a Learning Management System (LMS). It has become very popular among educators around the world as a tool for creating online dynamic web sites for their students. Moodle allows a huge range of opportunities for full-support of online education. The main purpose to be achieved in this work is to create a course for discipline Professional English for Master degree students.

Main features and structure of Moodle

The Front page

The Front page of a Moodle site - the page you reach from your browser - usually includes information about the establishment itself and can be highly customised. How users join a Moodle site depends on the establishment: they might be given logins; they might be allowed to make accounts themselves, or they might be signed in automatically from another system.

Inside Moodle

Moodle's basic structure is organised around courses. These are basically pages or areas within Moodle where teachers can present their learning resources and activities to students. They can have different layouts but they usually include a number of central sections where materials are displayed and side blocks offering extra features or information. Courses can contain content for a year's studies, a single session or any other variants depending on the teacher or establishment. They can be used by one teacher or shared by a group of teachers. How students enrol on courses depends on the establishment; for example they can self-enrol, be enrolled manually by their teacher or automatically by the admin. Courses are organised into categories. Physics, Chemistry and Biology courses might come under the Science category for instance. [3]

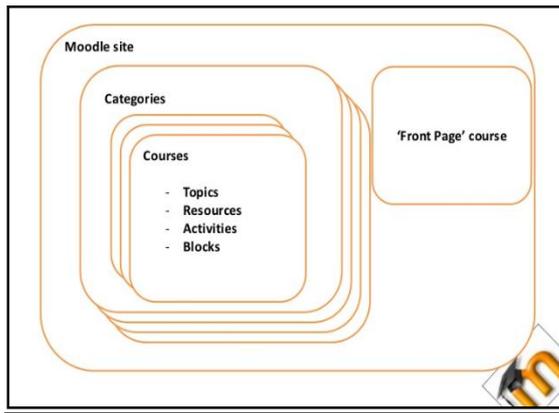


Fig.1. Moodle structure

A source material for future course

The source material used for creation an online course is text book for discipline Professional English developed for Master degree students.

A basic structure of electronic course for students

According to the content of source book, electronic course is planned to have the following structure:

- Common information of course, its name and description
- Three main modules
- From 3 to 5 units in each module
- Practical block in every module for knowledge checking

As it was said above every course in Moodle system consists of two main groups of components: resources and activities.

Resources used for Professional English course:

- file (text files, video, sound files) – to perform reading, listening and video tasks. Moodle supports an built-in text editor. The text editor (sometimes referred to as the 'HTML editor' or even 'TinyMCE') has many icons to assist the user in entering content.

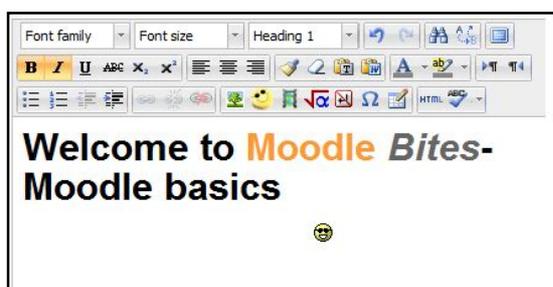


Fig. 2. Editing text example [2]

- URL – to give a link to information in the Internet.

Activities:

- Assignments – Enable teachers to grade and give comments on uploaded files and assignments created on and off line. Students can submit any digital content (files), including, for example, word-processed documents, spreadsheets, images, audio and video clips. Assignments don't necessarily have to consist of file uploads. Alternatively, teachers can ask students to type directly into a text field in Moodle. Or they can ask student to do both, upload a file or files and type text directly into Moodle. An assignment activity can also be set up to not accept any student submissions and serve as a reminder to students of a 'real-world' assignment they need to complete and to record grades in Moodle for activities that don't have an online component.

- Glossary - the course will contain one main glossary which includes basic terms and phrases for all topics and some local glossaries in each module.

- Quiz – a set of different tests for student practical work and for knowledge checking. Quezes supported by an automatic graduating system. The variety of test which is required for course is multiple choice, true-false, and short answer questions. These questions are kept in the Question bank and can be re-used in different quizzes.

Having considered all possibilities of Moodle for creating an electronic course and its competitiveness among other learning management systems it's possible to conclude that developed source structure and set of chosen resources and activities allow to create an effective, user-friendly and practically-oriented electronic course for students.

References:

1. Understanding Learning Management Systems. [Electronic resource] Access mode: <http://www.prescientdigital.com/articles/learning/understanding-learning-management-systems/>
2. What is LMS? [Electronic resource] Access mode: <http://www.mindflash.com/learning-management-systems/what-is-lms>
3. Moodle.[Electronic resource] Access mode: <https://moodle.org/>
4. How E-learning works. [Electronic resource] Access mode: <http://people.howstuffworks.com/elearning1.htm>
5. E-learning.[Electronic resource] Access mode: <http://en.wikipedia.org/wiki/E-learning>
6. Learning management system. [Electronic resource] Access mode: http://en.wikipedia.org/wiki/Learning_management_system
7. А.М. Анисимов. Работа в системе дистанционного обучения Moodle

RESEARCH OF ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEMS.

Barsukova O.E.

Scientific supervisor: Tsygankov Y.V., Language supervisor: Deniko R.V.

Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30

E-mail: lima@sibmail.com

The main factor of technological progress which affects all areas of human activity is the use of information technology (IT). Development of IT allows information processing (collection, analysis, storage, distribution, etc.) to be more efficient and quick. One such information technology is an electronic document management system (DMS), without which any modern organization can't do. Europe has been an active market of DMS development for a long time. In Russia, until recently, there have been legal barriers for implementation of similar systems. In recent years the market for DMS has been one of the fastest growing segments of domestic IT-industry, which is confirmed by the analytic firm IDC (InternationalDataCorporation) [1]. DMS technology-based organizations can share documents, sign contracts, make transactions, take statements in various institutions without leaving their offices. Electronic documents have different degrees of privacy and may contain information from a fully open to a commercial secret of an organization. To determine the authenticity of an electronic document an electronic signature (ES) has been created. Besides, it is one of the methods to protect EDS. When using different DMS, there are several threats that could be divided into three main categories:

- Threats to confidential information;
- Threats to the integrity of the information;
- Availability of information.

Therefore, the protection of data from unauthorized access is given special attention. In DMS the following methods of information security are used:

- Electronic signature which allows to establish the authorship and integrity of electronic documents on the basis of cryptographic techniques.

- Encryption of information is the process of converting data from open into closed using a particular cryptographic algorithm with a help of a private key element - the encryption key.

- A complex method of data protection is the use of a complex encryption and ES, combined in a single program, such as data compression (archiving). As an example of such system it is possible to name specialized electronic documents archiver CryptonArcMail, proposed by ANKAD company.

In addition to software methods, there are some devices to protect information. Such devices are

ruToken [3], eToken [4]. Their basis is a secure microprocessor and a memory capacity of 32 to 128 K, designed for safe storage and use of passwords, digital certificates, encryption keys and ES.



Picture.1. eToken device and ruToken.

Let's consider the basic principles of DMS:

- Single sign per document allowing the unique identification of a document;

- Possibility of parallel operations, allowing to reduce the circulation of documents and expedite their implementation;

- Continuity of document circulation enabling the identification of a person responsible for the execution of a document at each step of document life;

- One (or consisted) database of documents, which eliminates their duplication;

- Effectively organized document search that allows to find a document having a minimum information about it;

- Advanced reporting system for different document statuses and attributes allowing to control the movement of documents inside workflow process and to make management decisions basing on data from reports.

At the moment, the market possesses a great selection of DMS. Russian developers basically offer ready-made solutions, and western developers act as providers of platforms on which it is possible to implement design solutions and custom made products. All existing DMS can be divided into three classes:

- Universal "out-of-box" DMS;

- Individually developed DMS;

- Combined DMS.

Typically, many DMS are out-of-box, allowing to make necessary additional settings in the system. Russian market has the following systems of this class: Диадок, Контур Экстерн (СКБ Контур), СБИС++ (Тензор), Файлер, Спринтер (Таксом), EDI Сфера (КорусКонсалтинг), ЕФРАТ (CognitiveTechnologies), Directum (Директум), etc. According to the analytical agency IKS-Consulting, more than 80% of the market belongs to three major companies, «СКБКонтур», «Тензор», «Таксом»[4]. Therefore, these companies are of most interest for detailed study. A review of three DMS and comparison of these systems basing on general characteristics and functionality has been carried out. The results are presented in Table 1.

Table 1. General characteristics of DMS

	СКБ Контур	Тензор	Таксом
Operating system	crossplatform	Windows 2000/2003/2008/XP SP3/Vista/7	Windows /2003/2008/XP /Vista/7
The system used	Диадок - e-documents. Контур Экстерн (Лайт) - electronic reporting to regulatory authorities.	СБИС++ - e-documents, electronic reporting to regulatory authorities.	Файлер - e-documents. Спринтер - electronic reporting to regulatory authorities.
Type of client locations (thick / thin / web)	Thick client / web-client (basic)	Fat client (basic) / web-client	Thin client / web-client
Integration capabilities	Integration with 1C and SAP, MS Dynamics, Oracle	Integration with 1C	Integration with 1C
Demo version	+	+	-
Out-of-box / design solution	out-of-box	out-of-box	out-of-box
Number of subscribers	1 place in the world	2 place in the world	no data

Table 2 presents the results of research capabilities DMS.

Table 2. Functional characteristics of DMS

	СКБ Контур	Тензор	Таксом
Registration of documents	+	+	+
Creating documents on the basis of existing	+	+	+
Storage of documents	Server	User's PC	Server
Attach a file	+	+	+

Creating a document from a template in the system	+	+	-
Information and search system	+	+	+
Legal reference system	+	+/-	-
Financial analysis	+	+	-
Extracts from the regulatory authorities	+	+	+/-
Checking reports	+	+	+

Creating documents on the basis of existing ones

File attachment

Basing on the analysis of common features and functionalities of DMS it is possible to conclude that:

- all systems are competitive and allow to increase functionality and performance without rebuilding a system.

- СКБ Контур DMS is cross-platform, so it is suitable for any operating system. The work of the DMS is based on using a web-client on a central server of a company that provides reliable data storage and protection against unauthorized access. It also does not require installation of client software. In the present system, the maximum functionality and integration with other programs is available. That system is the first in the world in terms of subscribers..

- Тензор company DMS is suitable for almost all operating systems. The functionality of the system is high as well. The downside of the system is the bulky client software that requires periodic updating. The data is stored on users' PCs, which is not reliable and safe.

- DMS from Таксом company loses to two previous systems, both in functionality and general characteristics.

References:

- 1.The official website of "Active"- <http://www.rutoken.ru>
- 2.The official website of "Aladdin RD"- <http://www.aladdin-rd.ru>
- 3.The official website of "XConsulting", Business Portal - <http://www.iksconsulting.ru>
- 4.The official website of "SKB Kontur" - <http://kontur.ru/>
5. The official website of "Tensor" - <http://tensor.ru/>

AUTOMATION OF TOMOGRAPHIC IMAGES SEGMENTING PROCESS

A.V. Vlasov, I.V. TSapko

Scientific supervisor: TSapko I.V., associate professor

Language supervisor: Pichugova I.L., senior teacher

Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia

andark.postbox@mail.ru

Introduction

Today the computer vision technology is used in many areas of modern industry. As a scientific discipline, computer vision is concerned with the theory and technology of artificial intelligent systems that obtain information from images.

Examples of applying systems with computer vision:

- > Controlling processes (e.g., an industrial robot);
- > Interaction (e.g., as the input to a device for computer-human interaction);
- > Detecting events (e.g., for visual surveillance or people counting);
- > Organizing information (e.g., for indexing databases of images and image sequences);
- > Modeling objects or environments (e.g., medical image analysis or topographical modeling);
- > Navigation (e.g., by an autonomous vehicle or mobile robot);
- > Automatic inspection (e.g., in manufacturing applications).

One of the ways of implementing computer vision is to analyze images and select objects according to a particular set of parameters.

This paper is concerned with processing of tomographic images received from the Institute for Photon Science and Synchrotron Radiation (IPS) Karlsruhe Institute of Technology KIT (Karlsruhe, Germany). The main task given by partners from KIT in image processing is to select the object from the image and to determine its position relative to the center.

Segmenting algorithms

There are plenty of algorithms for image segmentation. Segmentation refers to the process of partitioning a digital image into regions (subsets of pixels) using defined characteristics. The result of image segmentation is a set of segments that together cover the entire image, or a set of contours allocated from the image.

To solve the problem, the following approaches have been considered:

- > Heapsort segmentation;
- > Segmentation based on graphs;
- > Hough transform;
- > Wave algorithm;
- > Threshold filtering;
- > Cluster analysis.

Canny's algorithm was chosen to achieve the goal as optimal with regards to the following criteria:

detection, localization, number of responses. With Canny's mathematical formulation of these criteria, Canny's Edge Detector is optimal for a certain class of edges (known as step edges) [1]. Implementation of this algorithm can be distinguished in five basic steps [2,3]:

- 1) Smooth the image with a Gaussian filter to reduce noise and unwanted details and textures;
- 2) Compute gradient using any of the gradient operators (Roberts, Sobel, Prewitt, etc.);
- 3) Suppress non-maxima pixels in the edges to thin the edge ridges;
- 4) Threshold the previous result by two different thresholds and obtain two binary images;
- 5) Link edges' segments to form continuous edges. Trace each segment to its end and then search its neighbors to find any edge segment to bridge the gap until reaching another edge segment.

Preprocessing

Different images need different threshold limits, since the images can vary greatly in intensity and the number of pixels of certain brightness across the image. To automate the process of segmentation special approach is required. This approach must determine characteristics of image and threshold limits before using the main algorithm. This will exclude human factor from the process.

Analyzing histogram of an image preliminary estimation can be made. To make histogram it is necessary to translate image in gray scale. Then you should get distribution of image gray tones, where on horizontal axis is brightness and on the vertical – the relative number of pixels for given brightness. Behavior of histogram shows the image's type.

Histogram normalization can be made to avoid inaccuracy. Then according to preliminary estimation the coefficients for threshold is chosen. When preprocessing is made, the main algorithm is ready to be used [4].

Image processing

Special software, which is based on Canny algorithm of segmentation, was developed for working with images.

Most researches were done by using tomographic images of a match. These ones represent slices of that match from bottom to top.

Various convolution masks have been tried for smoothing the image: Gaussian matrix, the identity matrix and a matrix with central coefficients increased relatively to entire matrix. Convolution mask is a small matrix that moves across the image and changes value of underlying pixels according to the defined rule. This mask was chosen with best combination of

size, smoothing effect and speed of image processing [5].

The larger the width of the Gaussian mask, the lower the detector sensitivity to the noise.

The basic image before processing is shown in picture 1. Slices are very similar to each other. The results of image processing with small (3x3) Gaussian mask are in picture 2. Additional layer contains yellow dots indicating the found differences of brightness from the base image. A shape of the object is rather clear and there are no extra dots around.

However, if image source is a digital camera and it supplies images in real time, the time of image processing must be reduced. For this situation the given algorithm can be used with small changes of passing type: "grid-pass".

Due to skipping some rows and columns of pixels while passing the image, the time of segmenting process is greatly reduced. In comparison with the full-passing type of algorithm, the type of "grid-pass" is performed almost 5 times faster for big objects. The result of using "grid-pass" is shown in picture 3. Of course, this acceleration depends on the step of the "grid-pass". If the object is predictably big, the step can be set as a quarter of object's width of height, also if the object has irregular shape, steps in horizontal and vertical directions can be different. The larger the step, the more acceleration it will give. Big steps may cause object omission.

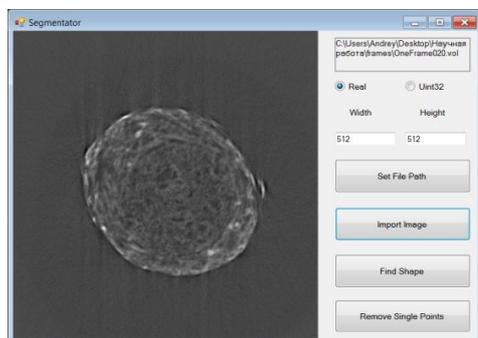


Fig. 1. Basic image (match slice)

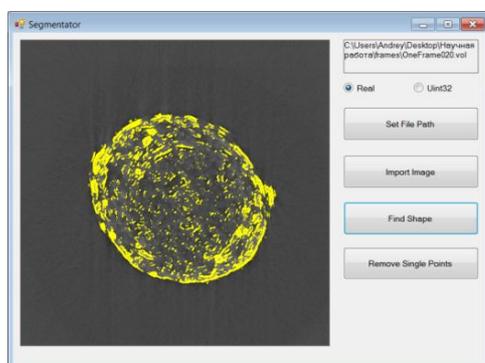


Fig. 2. Image with additional layer after using algorithm

This method allows quick and accurate determination of the position of the object relative to the image boundaries.

Approximate object position can narrow down the searching area, in this way "grid-pass" is applied to the whole image on the first search and full-pass is applied to the chosen area.

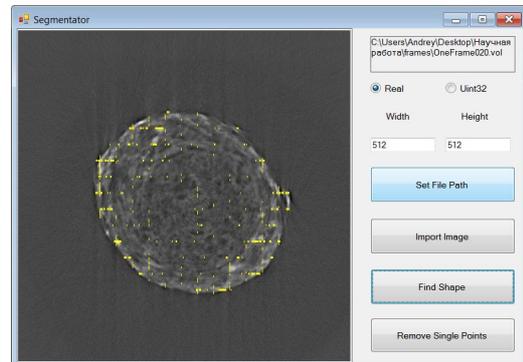


Fig. 3. Result of using "grid-pass"

Conclusion

Canny algorithm with Gaussian mask (size 3x3) is suitable for finding borders of an object in the image with very high accuracy. If current border is not necessary and only position and dimensions of an object is needed, approach with "grid-pass" will be greatly effective. In this case time of processing is reduced up to 1 second. This time allows using real-time processing of images from camera situated in the tomograph. If object moves aside, it will change position in the camera and the tomograph can automatically readjust and center the object. Automated tomograph adjusting is also suitable for changing target objects without human interruption.

References

1. Canny Edge Detection in C# [Electronic resource], Dr. Vinayak Ashok Bharadi — Access mode [free]: http://www.codeproject.com/KB/cs/Canny_Edge_Detection.aspx;
2. Алгоритм выделения контуров CANNY [Electronic resource], Билл Грин — Access mode [free]: <http://masters.donntu.edu.ua/2010/fknt/chudovskaja/library/article4.htm>;
3. Детектор границ Канны [Electronic resource] — Access mode [free]: http://habrahabr.ru/blogs/image_processing/114589/;
4. Компьютерное зрение и программирование. Выравнивание гистограммы яркости [Electronic resource] — Access mode [free]: <http://cv-dev.ru/выравнивание-гистограммы-яркости/>;
5. Как работают фильтры размытия [Electronic resource], Петр Каньковски — Access mode [free]: <http://www.computerra.ru/print/35934/>.

FILTRATION ALGORITHM DEVELOPMENT OF ANOMALOUS VALUES OF POROSITY COEFFICIENT

Guljaeva K.V.

Scientific advisor: Stepanov D.Ju., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Linguistic Advisor: I.N. Kuznetsova, Senior Teacher

Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, t. Tomsk, Lenina avenue, 30

E-mail: ksukusu245@gmail.com

A number of errors can occur in the process of seismic data registration. There are such errors as instrumental noise, operator error, etc. The following processing methods for resolving these errors are used [1]:

- The slopes normalization and amplitude control;
- Device orientation to direct wave;
- Amplitude corrections introduction;
- Priori statics identification and entry;
- Instrumental noise and spikes elimination;
- Various types of filtration.

Improving of the useful signal ratio to the amplitude noise takes the central place in the complex seismic processing procedures. This procedure is based on the different frequency using and speed characteristics of the useful signals and waves - interference. The totality of these procedures of different nature is combined in a general notion of the filtering seismic signals. The geophysical fields filtering is in the forefront of geological and geophysical data processing.[2] It helps to solve the problem of geophysical fields decomposition in the components, anomaly detection, anomaly recovery, complicated obstacle. The difficulties encountered in implementing, regarding accepted mathematical model are incompatibility and the actual geological and geophysical processes.

One way to resolve the contradiction is its maximum consideration in the creation of the particular filter software implementation.[3] We pose the following objectives: eliminating anomalous values arising due to the noise or data processing. The reasons for the anomalous void ratio appearance are as follows:

1. Fractional porosity observation is made by intervals in a research borehole. The measurement parameters / equipment can be different at each interval based on observations. Further, the data processing observed intervals are docked, forming a contrast;
2. The missed intervals modeling. It's obvious that the fractional porosity sharp change can be formed abnormally, unreasonable outbursts measured coefficient values in the places of the intervals docking.

This should be based on a certain type of filter. It's necessary to provide a few basic types of filtering. An optimality criterion of the energy filter is maximizing the energy of a signal / noise ratio.

Polynomial filtering is widely used in practical applications of trend - analysis for the field regional component estimation. Entropy filtering designed to control the influence of peak nature outliers field on the accuracy of the regional and local components allocation of the field. This type of filter is more suitable for solving our problem.

It is necessary to consider the application of the entropy filter to solve the problem. For understanding the algorithm it is sufficient to consider a way to calculate the weights for N field values

$\{f_1, f_2, \dots, f_N\}$, which is as follows: [2]

1. N field values $F = \{f_1 < f_2 < \dots < f_N\}$, entering the filter window are sorted in an ascending order;

2. The average value of the field is retrieved for

the sample $\bar{f} = 1/N \sum_{i=1}^N f_i$ (a modal filter option) or central element of sorted array

$\bar{f} = f_{N/2+1}$ is selected based on the value of the key parameter;

3. The maximum of two values is detected $r_{\max} = \max\{\bar{f} - f_1, f_N - \bar{f}\}$;

4. Weights is determined from the expression

$$h_i = 1 - \frac{|f_i - \bar{f}|}{r_{\max}} \text{ for each point } i = 1, 2, \dots, N;$$

5. $g_i = f_i \cdot h_i$ - entropy filtering is implemented by multiplying the weighting factor h_i by the value of the porosity coefficient.

We carry out a filtration modification through the certain restrictions imposition on the measured value. The measured parameter values belong to a specific gap. The parameter values lying in the "favorable" range are reliable; consequently, they must undergo minor changes after the filtration process.

To achieve the following aims we carry out a modification of the original algorithm. First of all, it is necessary to change the procedure for obtaining the median: we replace the anomalous values by the values interval boundaries before its finding. In this way the value f will be in a favorable range and the valid values rejection will be minimal. We will carry out entropy filtering after the value f calculating. Now our fixed boundaries "are pulled off" to the median value. The next step will be the coefficients porosity modeling on the anomalous values interval. We give a step by step algorithm of this type of filtration:

1. Set the allowable corridor values of the parameter $f \in [a; b]$;
2. Provide the values redefinition exceeding the limits of a selected interval $f'_i = \begin{cases} a, & f_i < a \\ b, & f_i > b \end{cases}$;
3. Find the value f_i and distribute the weighting coefficients h_i ;
4. Carry out the entropy filtration $g_i = h_i \cdot f'_i$;
5. Determine the similarity coefficient for the hurricane values compression by the formula: $\frac{|b-b'|}{|b-M|} = k$, where k is a similarity coefficient, $M = \max\{f_i\}$ is a maximum anomalous value $b' = \max\{g_i\}$.
6. Anomalous values are multiplied by a coefficient k and placed in the intervals: $[a; a']$, $[b'; b]$;

The algorithm was tested on the real data, a porosity coefficient interval is taken in the interval $[0;25]$. As a result of filtering the curves obtained are shown in Fig. 1.

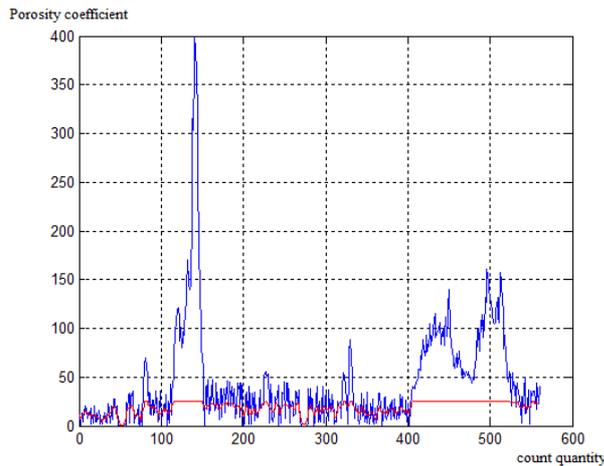


Fig. 1. The filtering result where

- - the porosity coefficient unfiltered values;
- - the filtering results;

Fig.2 contains more detailed information on the filtering results:

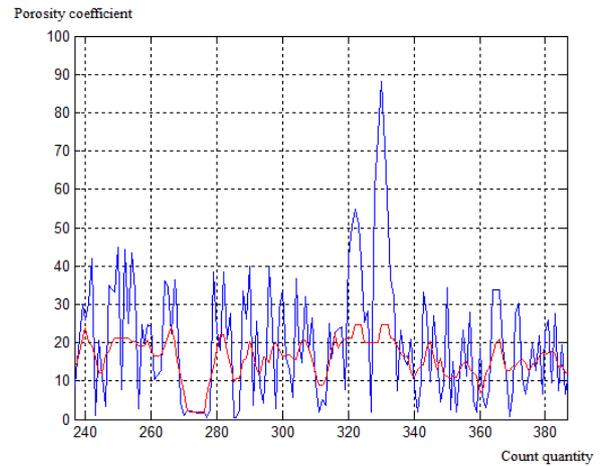


Fig.2. Detailed filtering results.

- - the porosity coefficient unfiltered values ;
- - the filtering results;

It is graphically confirmed that the filtering overrides the abnormal values in the allowable limit. A filter smooths the values and makes them acceptable.

References

1. Shevcenko A.A. Borehole seismic Russian State University of Oil and Gas name I.M. Gubkin Moscow 2002 – 59 p.
2. Rezyapov G.I. Seismic, Tutorial, TPU, Tomsk, 2011.– 156 p.
3. Complex spectral correlation analysis - "Cascade 3D» part 2 Russian State Geological Prospecting University, Moscow, 2008 – 33 p.

METHODOLOGY OF APPLYING 3D VISUALISATION FOR CREATING METHODOLOGICAL INSTRUCTIONS FOR LABORATORY «STUDYING LEVEL MEASURING METHODS AND TOOLS»

Gunina V.I.

Scientific supervisor: Panshin G.L., assistance lecturer

Language supervisor: Pichugova I.L., senior teacher

Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, Russia, 634050

E-mail: vladlena.17@mail.ru

The onrush of IT opens up new educational opportunities. As a result nowadays it is the large-scale implementation of new technologies in educational process. This allows organizing students' self-study in a new way, to increase the speed and efficiency of their work, to improve the quality of students' knowledge. [1]

To study and understand production control it is possible to introduce laboratory work visualization in teaching process, i.e. to create 3D models of laboratory stands and to show how they work.

Laboratory work visualization promotes quicker and deeply understanding of students' assigned tasks.

With the help of 3D editors it is possible to demonstrate physical processes, separate item components, an item from different angles or in section. In 3D editors it is possible to show the laboratory stand in action with help of animation.

At Department of Automation and Computer Systems, Institute of Cybernetics, there is a laboratory work aimed at studying methods and tools of measuring level.

The operating fluid level is an important process parameter; the information about it is required for controlling the operating mode of the processing unit and in some cases for production control [2].

At present varied level measuring equipment is applied in different branches of industry, but the most popular equipment is:

- visual;
- floating;
- buoy;
- hydrostatic;
- electrical;
- ultrasonic;
- radioisotopic.

The level measurement information is used for accounting operations and production control.

In the laboratory work student have to study the existing level measuring methods and principles of how the laboratory facility works in action.

The type diagram of the laboratory facility is shown in Fig.1

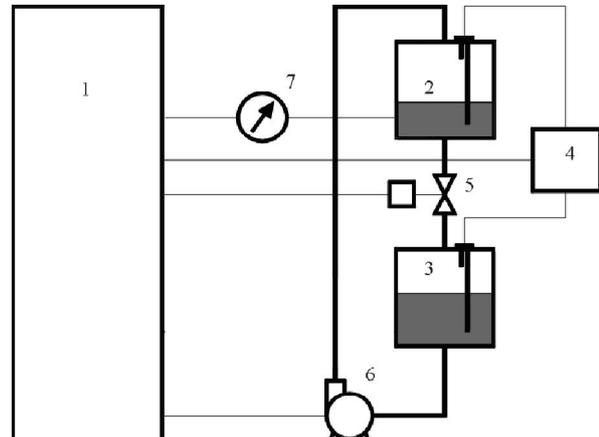


Fig.1. The type diagram of the laboratory facility

The facility includes the following elements:

- patch field 1, where the student should establish blocking circuits of acting mechanism (the pump and the valve);
- two water containers 2 and 3;
- four-channel liquid level alarm 4, actuating with container release;
- cut-off valve 5;
- pump 6 transferring water from the lower container to the upper one;
- hydrostatic contents gauge 7.

Due to the fact that the laboratory facility demonstrates principles of level gauge and level alarm operations which are difficult for understanding, this laboratory work was chosen for creating visualized methodological instructions.

For visualizing interactive methodological instructions it is recommended to use 3DVIA Composer software product, which allows developing animated files, engineering instructions.

3DVIA Composer is software intended for designing interactive technical documentation products under development.

Due to the functional design system of multimedia content 3DVIA Composer automates the procedures of assembling/disassembling, creating technical illustrations, product documentation, interactive 3D animation and etc. [3].

Intelligent views permit complex product procedures to be effectively communicated by using a minimum of text. 3DVIA Composer allows to create technical illustration, video and interactive 3D

objects, which not only provide enhanced information perceiving but improve documentation quality.

Animations, including kinematics and reverse-kinematics, as well as high-resolution image outputs such as SVG and CGM files, can be created easily. Producing 2D line art is quick and easy with 3DVIA Composer's built-in technical illustration capabilities [4].

Developed interactive documentation can be saved as compact exe-file with built-in free 3DVIA Player, thereby they can be opened on any computer without any preinstalled CAD-systems.

Input data can come from any 3D CAD system and can be maintained in the file system or in any PLM system. Outputs from 3DVIA Composer are industry-standard file formats, including PDF, HTML, AVI and graphics formats like SVG and CGM, which allows applying graphic and multimedia 3DVIA Composer objects even in traditional text documents.

3DVIA Composer allows to create 2D and 3D products from any 3D CAD system design data, therefore previously CAD should be chosen for creating 3D model.

One of the modern solid-model CAD products is SolidWorks.

SolidWorks is computer-aided design system aimed at engineering analysis, planning items production of any complexity and functionality, any detail and assembly configuration.

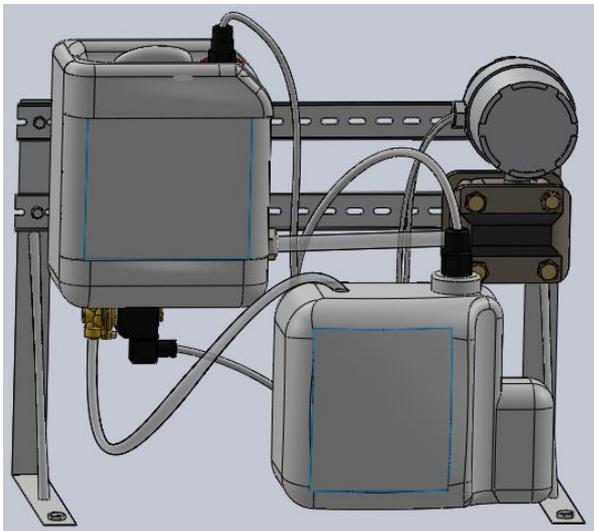


Fig.2 The laboratory facility 3D model in SolidWorks

SolidWorks is used for hybrid parametric modeling (solid modeling, surface modeling, wire-frame modeling and its combination without notice of degree of complexity) [5].

Also it is possible to design items and assemblies in three-dimensional space (3D design) and to make design documentation.

Thus, for creating methodological instructions it is necessary to solve a number of tasks:

1. To study the existing laboratory methodological instructions.
2. To examine the laboratory facility, to acquaint with each item function and operating principle.
3. To study SolidWorks design methods and to create a 3D model of the laboratory facility.
4. To study 3DVIA Composer software with the help of which operating principles of the laboratory will be shown.

The solution to tasks 1-3 is presented in Fig.2. According to the results of the work it will be possible to implement methodological instructions for laboratory work «Studying level measuring methods and tools» in electronic form by animating acting principles of the laboratory facility.

References

- 1 Федеральный образовательный портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ecsocman.hse.ru/univman/msg/16785404.html>, свободный.
- 2 Методическое указание к выполнению лабораторных работ «Изучение методов и средств измерения уровня» ТПУ. Томск 2011 г.
- 3 Журнал САПР и графика [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=19227&iid=891>, свободный.
- 4 Сайт 3DVIA Composer [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.3ds.com/ru/products/3dvia/3dvia-composer/portfolio/3dvia-composer/>, свободный.
- 6 Сайт SolidWorks Russia [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.solidworks.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=32&Itemid=36, свободный.

APPROACH TO THE AUTOMATIC NONVERBAL BEHAVIOR RECOGNITION SYSTEM

Knyazev B.A.^{1,2}, Latysheva E.Yu.^{1,2}, Gapanyuk Yu.E.^{1,2}

Scientific supervisor: Professor Chernenkiy V.M.

¹Bauman Moscow State Technical University,

²Research and Development Center of Biometric Technology at BMSTU

5, 2-nd Baumanskaya Str. Moscow 105005, Russia

E-mail: bknyazev@bmstu.ru

Introduction

The human's necessity of activity and motions is innate and depends on the age, gender, environment circumstances, biorhythms and many other factors. Activity features reflect the state of physical health, the level of motor, psychological and intellectual development [1]. Human activity and motions are an integral individual characteristic, and if decomposed provides valuable information. Automatic nonverbal behavior (NVB) recognition systems might be applied to solve security problems and medical and psychological diagnosis and treatment tasks as well [2]. The object of this work is to provide an approach to develop the system of automatic nonverbal behavior recognition and semantic annotation, which includes a formalized knowledge model, a model of the NVB features space and machine learning techniques. Let O be the chosen engineering knowledge model; $D = \{d_j\}$ – a 2- and/or 3-dimensional input; $H(O)$ – an entropy of the knowledge model; $S = \{s_i\}, i = 1, N$ – the NVB feature vector in a N -dimensional space.

Thus, the solution of the problem of the development of the automatic NVB recognition and annotation system implies finding the following mappings:

$$\begin{aligned} \varphi|_{N \rightarrow \min, Q_{seq} \rightarrow \min}: D &\mapsto S \\ \psi|_{H \rightarrow \min}: S &\mapsto O \end{aligned}, \quad (1)$$

where Q_{seq} – the number of sequential data processing operations.

Knowledge model

Finding ψ requires creating the knowledge model. Ontology models are effective, flexible, allow multilevel representations and Web integration, are rich in samples and API for development [3]. Let $O = (C, P, R, I, A)$ be the ontology, where C – concepts, P – properties, R – relations, I – instances, A – axioms. Then, the entropy of the ontology, which was suggested earlier in [4], is a measure of the uncertainty of information received by querying the block *Reasoner* (fig. 1). The condition $H \rightarrow \min \equiv II \rightarrow \max$ (II – quantity of information) of the knowledge model O can be reached iff (if and only if) $R \rightarrow \max$, that is the number of relations between the resultant instance(-s) and the others must tend to a maximum. This is achieved by extending the intertwined network of C, I and R developed for pose description [2]. The knowledge model is developed using the Web Ontology Language extension OWL DL. Decidability and completeness of this model is achieved due to support of the description logic (DL) included in this language; whereas consistency is justified using the DIG (DL standard) compliant

reasoner FaCT++ and Pellet embedded in the ontology designer Protégé.

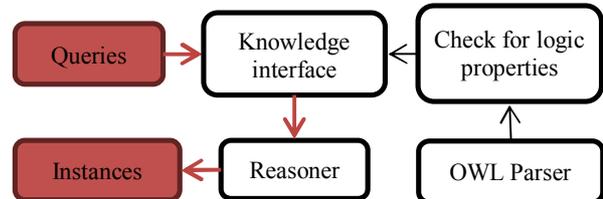


Fig. 1. The knowledge model

Base concepts $\langle owl:Class \rangle$ and derived instances $\langle rdfs:subClassOf \rangle$ introduced in the model together with properties $\langle owl:ObjectProperty \rangle$ and manifold relations between concepts and their instances allow to infer and aggregate knowledge in an automated way and to make a semantic video annotation.

NVB features

Finding φ requires the development of the NVB feature space model based on low-level processing of video frames and the development of a classifier. The techniques of edge and skeleton (of people) detection have been well studied [5] (differential, statistical and contextual detectors, Gabor and Gaussian wavelets, etc.) In addition, our research has shown that using of a Kinect device in particular conditions (illumination, the distance from the object to the device, etc.) yields results as accurate as 85-90%, therefore reasonable would be to focus on the techniques of object description and classification.

Object description and the condition $N \rightarrow \min$ imply calculation of the vector S , which defines each video frame and NVB uniquely. For this purpose we conduct calculations of the uniform extension of the local binary patterns (uniform LBP) (fig. 2). To make the LBP more robust to image irregularities, such as orientation of the object, illuminations and contrast changes, it is recommended to preprocess images with Gabor filters of different orientations ($\theta \in \{0:7\}$) and scale ratios ($\gamma \in \{0:4\}$) (fig. 3). Classification then is done using the Euclidean distance. We also suggest using the Hamming distance, the Kullback–Leibler distance and the Fisher's linear discriminant which demonstrated more accurate results [6].

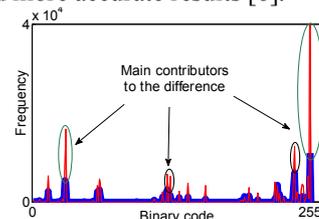


Fig. 2. Comparison of the histograms. Red – a closed eye, blue – an opened eye

The regions of interest (ROI) of video frames are: eyes, eyebrows, lips corners and others. Each region

in turn is divided into 2-4 areas W (fig. 3), for which the feature vector (LBP) is computed. The size of the LBP is $P(P-1) + 2|_{P=8} = 58$, where P – the number of neighboring points to compute one binary code. The best results was achieved using the LBP with following parameters: $P, R = (8, 2)$, where R – radius of a circle.

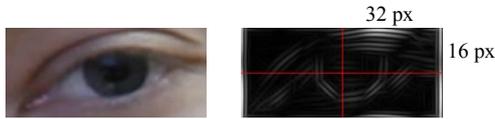


Fig. 3. Image preprocessing (left – original image, right – after the Gabor filter applied)

We also suggest using the histograms of oriented gradients (HOG) and their extensions. They have proved to be more robust to irregularities in shape and color and luminance components of the image, but they demand additional processing since their size is not constant. The size of the HOG depends on the size of the image, cells, and the number of bins; if $W = 32 \times 16$ then its size can reach 3780 elements and more. This compels using reduction techniques, such as principal component (PCA) and linear discriminant (LDA) analyses.

The condition $Q_{seq} \rightarrow \min$ in the (1) requires using parallel computing. The size of an area for the LBP $W = 32 \times 16$ because the maximum size of thread blocks in a GPU G84, which was used for computations, is 512; the warp size is 32 threads. Thus, each thread block of the GPU is able to calculate the feature vector (LBP) in a whole and independently of other blocks, and without any warp divergence, which is essential for GPU computing. Outcomes of the overall dimension reduction are partly shown in the table 1 (initial vector size equals to an HD frame, that is $N = 1920 \times 1080$), where N – the dimension of a vector; Q_{seq} – the computational complexity if sequential computing is implemented; Q_{par} – if parallel is implemented.

Table 1. Feature vector dimension reduction

ROI	N	Q_{seq}	Q_{par}
Kinect skeletal joints	20	20	20
Eyes	$2 \cdot 58 \cdot 4$	$2 \cdot 16 \cdot 32 \cdot 4$	$2 \cdot 1 \cdot 4$
Eyebrows + between	$3 \cdot 58 \cdot 2$	$3 \cdot 16 \cdot 32 \cdot 2$	$3 \cdot 1 \cdot 2$
Lips corners	$2 \cdot 58 \cdot 2$	$2 \cdot 16 \cdot 32 \cdot 2$	$2 \cdot 1 \cdot 2$
Σ	1064	9236	38

Experiment and Results

We used two sources of scene data D : recorded using a video camera to extract information about facial motions and recorded using a Kinect device to extract information about body movements. Automatic analysis was run for 49 nonverbal features S using combinations of the CUDA API and .NET Framework 4.0. Semantic annotations O were then built automatically at the speed of $v \leq 280 \text{ ms/frame}$. To evaluate the effectiveness of our system false

positive and false negative errors were estimated, which were $\leq 40\%$ and $\leq 38\%$ respectively for the body features and $\leq 43\%$, $\leq 42\%$ for the facial ones.

Discussion

The mapping ψ also might imply usage of a linear/non-linear classifier, which together with the Fisher's linear discriminant must improve feature vector classification results. Using artificial neural networks (ANN) for pose classification demonstrated results of up to 80% [2]. However, this accuracy is poor for automatic NVB recognition. Furthermore building the ANN showed such disadvantages as laborious training and fitting the neural network weights and low processing speed. For these reasons the SVM (support vector machine) classifier is suggested. Further performance improvements are suggested to be done by parallel computing the feature vector for every ROI and frame independently, if decompressed videos are given.

Conclusion

An approach to solve the problem of the development of the automatic NVB recognition and annotation system is provided, the ontology model is developed, its logical decidability and consistency are justified; the NVB features space model is developed, vector's dimension is reduced, parallelism is presented. Further research will be focused on improving the uniqueness of the NVB feature vector and on improving the classifier in order to enhance poor results.

Acknowledgement

This work was conducted as part of the government contract № 02-10/okr of April 9th, 2010.

References

1. Ilin E. P. Psychomotor human organization: Textbook. - Spb.: Piter, 1st edition, 2003. – 384p.
2. Nekhina A.A., Knyazev B.A., Kashapova L.H., Spiridonov I.N. Applying an ontology approach and Kinect SDK to human posture description// Biomedicine Radioengineering.- 2012.-№12.- P.54-60
3. Bashmakov A.I. Intelligent information technology: Textbook. - M.: MGTU, 2005. - 304p.
4. Calmet J., Daemi A. From entropy to ontology// In AT2AI-4 - Fourth Int. Symposium "From Agent Theory to Agent Implementation" at 17th European Meeting on Cybernetics and Systems Research, Vienna.-2004.
5. Papari G, Petkov N. Review article: Edge and line oriented contour detection: State of the art// Image and Vision Computing. - 2011. - Vol. 29, Iss. 2-3. - P.79-103
6. Petruk V.I., Samorodov A.V., Spiridonov I.N. Applying local binary patterns to face recognition problem// Vestnik MGTU. Seriya Priborostroenie. - 2011.- Spec. edition. Biometric technology. - P.58-63.

occurs only twice: delivering source image to OCLPyraProbe and then acquiring result back to RAM. All computation in between is being performed on GPU.

- Modularity of the system enables easy code adaptation for execution on the GPU farm.

3. Optimization

When development of the system with architecture described above was finished, performance tests have been performed.

These tests revealed slight improvement at the high-resolution video, but parallel version didn't outperform serial one on the low-resolution videos.

Profiling results of the parallel version before optimization are shown on the Table 1.

Table 1.

Profiling results for not-optimized version

Kernel Name	Total Time(ms)
filter2D	27012.98902
buildPyramidGaussSmooth	725.59934
upSizelt	432.86879
iterativeInteraction	216.83900
buildPyramidLevel0	112.42099
naiveSummationMethodGetDenom	82.98578
buildPyramidReducingCopy	56.41125

This table summarizes most time-demanding kernels of the application. As it is obvious from table, most of the application running time was taken by convolution calculation. Filtering is such computationally expensive because model uses big kernels (25x25, 21x21). So, filter2D is the most promising target for optimizations. Following sections describe techniques which made OpenCL code run faster.

3.1 Divergence of the code

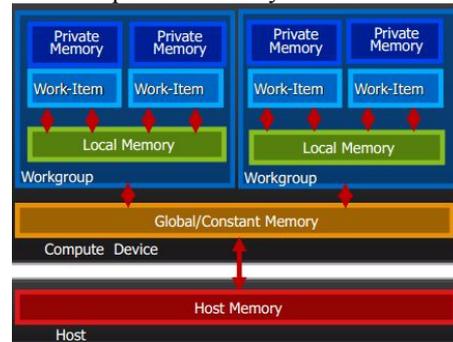
One of the properties of the efficient GPGPU code is low divergence. This means that all threads of kernel have approximately same execution time. If control flow of the kernel has a lot of conditional statements, most likely that code will be slow.

Removing of the conditionals gave significant speed gain for our case.

3.2 Advanced memory usage

OpenCL global memory has huge capacity but the slowest access speed. So, the only way to implement something efficient is to put an effort on extracting advantage of the local and constant memory zones. For the better insight of tricks described in this subsection, OpenCL memory model is shown at Figure 2. More information about OpenCL memory model could be found at [2] or [3].

Figure 2.
OpenCL memory model



There is possibility to define memory buffers as constant if buffers are read only. Also size of the constant buffer is bounded by value which depends on computing device. So, first thing to do was to move all filter buffers from global memory to constant.

Another way to speed up convolution operation is to avoid reading neighbor pixel values from the global memory [4]. So, filter2D kernel execution model was changed to use workgroups of size 16x16. Items of the same workgroup load part of the image to the local memory and then use this data for convolution calculation.

It is good practices to keep amount of kernel arguments as small as possible. As it obvious from Table 2, filter2D was separated to two kernels. This action enables us to not pass size of kernel (and some other variables like that) as argument, but define it as a constant. These values are used in the loop code; consequently, compiler will be able to implicitly unroll loops [5].

Table 2.

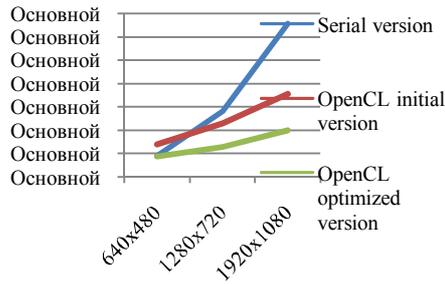
Profiling results for optimized version

Kernel Name	Total Time(ms)
basicFilter2DDog	8681.65987
filter2DGabor	1382.35545
iterativeInteraction	602.88315
buildPyramidGaussSmooth	396.98843
upSizelt	242.95258
buildPyramidLevel0	63.73023
naiveSummationMethodGetDenom	46.39889
downSizelt	28.78435

4. Experiments

Performance tests and profiling were repeated after implementation of the optimized version. Kernel summary is represented in the Table 2. Timings for process one frame are spotlighted in the Table 3. Our optimization work is not finished yet, but even now it is obvious that GPGPU solution achieved performance on this problem of image analysis which is way more effective than serial CPU solution. Tests which are represented in Table 3 ran at desktop with Intel i5-430m processor and AMD Radeon HD 5850M.

Table 3.
Comparison of timings for processing one frame for
different implementations



5. Conclusion

Article illustrates set of techniques which was put on the most often used kernel of the application and highlights achieved speedup. But optimization work is not over yet. Other slow kernels will be improved in similar way.

So, plans for future development are:

- Continuation of the OpenCL code optimization
- Work on the computational model for increasing precision and decreasing computational complexity

6. References

1. D. Kovalenko, I. Potapev Scene boundary localization based on contrast region analysis // Tomsk Polytechnic University, MSIT №10. 2012. – pp 60-62.
2. O. Rosenberg OpenCL Overview AMD, 2011 // [electronic resource] <http://www.khronos.org/assets/uploads/developers/library/overview/opencl-overview.pdf>
3. R. Farber Part 2: OpenCL – Memory Spaces // [electronic resource] <http://www.codeproject.com/Articles/122405/Part-2-OpenCL-Memory-Spaces>
4. K. Reda A study of OpenCL image convolution optimization // [electronic resource] <http://www.evl.uic.edu/kreda/gpu/image-convolution/>
5. H. Dong Cross-Platform OpenCL Code and Performance Portability for CPU and GPU Architectures investigated with a Climate and Weather Physics Model // Fifth International Workshop on Parallel Programming Models and Systems Software for High-End Computing, 2012. [electronic resource] http://www.mcs.anl.gov/events/workshops/p2s2/2012/slides/Han_Dong_p2s2_icpp_workshop.pdf

WINDOWS AZURE: MEDIA PLATFORM AS A SERVICE

Andrey V. Kolchanov

Scientific supervisor: Aksyonov S.V., Ph.D.

Language supervisor: Rybushkina S.V., Senior Teacher

National Research Tomsk Polytechnic University, 30, Lenina ave., Tomsk

Email: andreyka4623@gmail.com

Windows Azure provides great opportunities for business because it allows building Always On high load easy scale applications. Students can use Windows Azure in their courses for free of charge and it's a great way to become a first class professional. The newest features of Windows Azure that can be implemented in student projects immediately are given below.

Nowadays developers have everything they need to quickly build great, extremely scalable, end-to-end media solutions for streaming on-demand video to consumers on any device. For example, developers can easily build a media service for delivering training videos to employees in developers company, stream video content for developers web-site, or build a premium video-on-demand service like Hulu or Netflix. Last year several broadcasters used Windows Azure Media Services to stream the London 2012 Olympics [1].

Media Platform as a Service

With Windows Azure Media Services, developers can stream video to HTML5, Flash, Silverlight, Windows 8, iPad, iPhone, Android, Xbox, Windows Phone and other clients using a wide variety of streaming formats.

Building a media solution that encodes and streams video to various devices and clients is a complex task.

It requires hardware and software that has to be connected, configured, and maintained. Windows Azure Media Services makes this problem much easier by eliminating the need to provision and manage developers own custom infrastructure. Windows Azure Media Services accomplishes this by providing developers with a Media Platform as a Service (PaaS) that enables developers to easily scale developers business as it grows, and pay only for what developers use.

As a developer, you can control Windows Azure Media Services by using REST APIs or .NET and Java SDKs to build a media workflow that can automatically upload, encode and deliver video. Microsoft also developed a broad set of client SDKs and player frameworks which let developers build completely custom video clients that integrate in developers applications. This allows developers to configure and control every aspect of the video playback experience, including inserting pre-roll, mid-roll, post-roll, and overlay advertisement into developers content.

Upload, Encode, Deliver, Consume

A typical video workflow involves uploading raw video to storage, encoding & protecting the content, and then streaming that content to users who can consume it on any number of devices. For each of these major

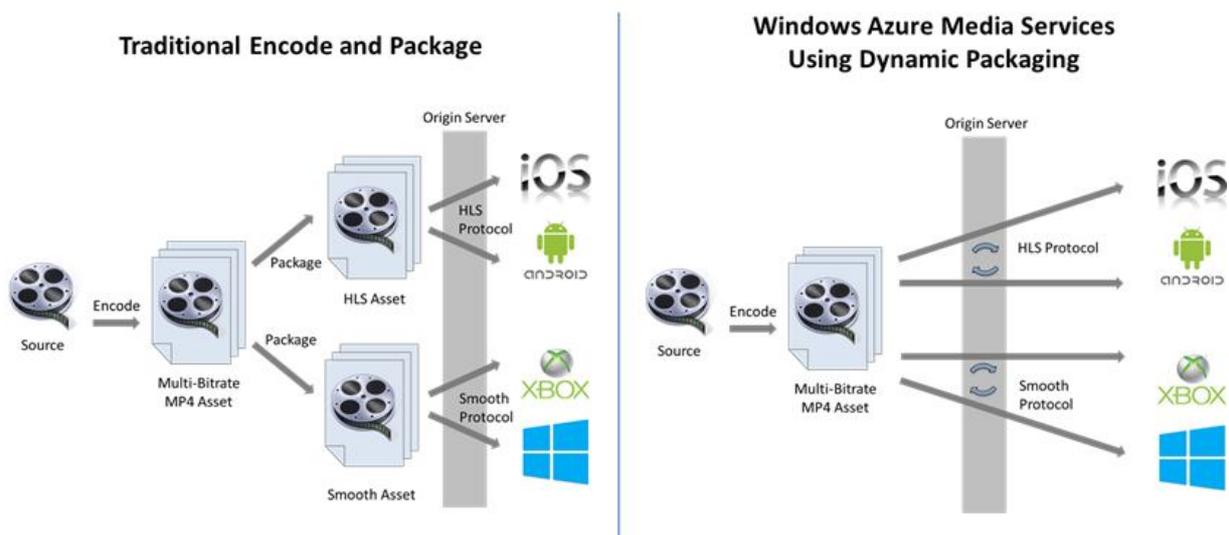


Figure 1. Encoding and packaging in Windows Azure Media Services

steps, Microsoft built a number of features that developers will find useful.

Upload

Windows Azure Media Services supports multiple different options to upload assets into Media Services [2]:

1. Using REST APIs, or .NET or Java SDKs developers can upload files to the server over HTTP/S with AES 256 encryption. This works well for smaller sets of files and is for great uploading content on a day to day basis;
2. Bulk upload an entire media library with thousands of large files. Uploading large asset files can be a bottleneck for asset creation and by using a bulk ingesting approach, developers can save a lot of time. For bulk upload, developers can use the Bulk Ingest .NET Library or a partner upload solution such as Aspera which uses UDP for transporting files at very rapid speeds;
3. If developers already have content in Windows Azure blob storage, we also support blob to blob transfers and storage account to storage account transfers;
4. Microsoft also enable to developers to upload content through the Windows Azure Portal – which is useful for small jobs or when first getting started.

Encode and then Deliver

Windows Azure Media Services provides built-in support for encoding media into a variety of different file-formats. With Windows Azure Media Services, developers don't need to buy or configure custom media encoding software or infrastructure – instead developers can simply send REST calls (or use the .NET or Java SDK) to automate kicking off encoding jobs that Windows Azure Media Services will process and scale for users.

In addition to giving developers video service more origin streaming capacity to handle a greater number of concurrent users consuming different video content, Microsoft on-demand streaming support also now gives developers a cool new feature we call *dynamic packaging*.

Traditionally, once content has been encoded, it needs to be packaged and stored for multiple targeted clients (iOS, XBox, PC, etc.). This traditional packaging process converts multi-bitrate MP4 files into multi-bitrate HLS file-sets or multi-bitrate Smooth

Streaming files. This triples the storage requirements and adds significant processing cost and delay.

With dynamic packaging, Windows Azure now allow users to store a single file format and stream to many adaptive protocol formats automatically. The packaging and conversion happens in real-time on the origin server which results in significant storage cost and time savings:

Today the source formats can be multi-bitrate MP4 or Smooth based, and these can be converted dynamically to either HLS or Smooth. The pluggable nature of this architecture will allow us, over the next few months, to also add DASH Live Profile streaming of fragmented MP-4 segments using time-based indexing as well. The support of HLS and the addition of DASH enables an ecosystem-friendly model based on common and standards-based streaming protocols, and ensures that developers can target any type of device.

Consume

Windows Azure Media Services provides a large set of client player SDKs for all major devices and platforms, and they let developers not only reach any device with a format that's best suited for that device - but also build a custom player experience that uniquely integrates into developers product or service.

Developers users can consume media assets by building rich media applications rapidly on many platforms, such as Windows, iOS, Xbox, etc. At this time, we ship SDKs and player frameworks for Windows 8, iOS, Xbox, Flash Player (built using Adobe OSMF), Silverlight, Windows Phone, Android, Embedded devices (Connected TV, IPTV).

To get started with developing players, visit the Developer tools for Windows Azure Media Services. The SDKs and player frameworks contain player samples that developers can use as-is or customize with very little effort.

REFERENCES

1. Announcing Release of Windows Azure Media Services // ScottGu's Blog URL: <http://weblogs.asp.net/scottgu/archive/2013/01/22/announcing-release-of-windows-azure-media-services.aspx> (Feb 20, 2013).
2. Windows Azure Media Services // Windows Azure URL: <http://www.windowsazure.com/en-us/develop/media-services/> (Feb 20, 2013).

THE DEVELOPMENT OF PROJECT SIMULATION MODEL OF EMERGENCY PROTECTION SYSTEM

T.A. Korchuganova, V.A. Kudryavcev, P.P. Pokrovskiy

Scientific advisor: V.A. Kudryavcev

Language supervisor: S.S. Budkova

Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenin str., 30

E-mail: kortanyuha@gmail.com

Tokamak KTM is a source of a danger, the parts of which are unique in their technical performance and have a very high cost. There is a need to design and develop an effective emergency protection system (PDS) and signaling, allowing the early stages of the emergency status to perform the required set of protective measures. The main object of carrying the greatest danger is the plasma column which is generated inside the unit. It is impossible to follow the behavior of such a system in the real conditions. This problem can be solved with the help of a model.

Model (latin "modulus" - a measure) - a proxy object of the original object, which provides the study of some properties, a simple representation of the system for analysis and prediction, and receipt qualitative and quantitative results needed to make the right management decisions [1]. With the help of the model of a system recurrence to its initial state and to monitoring its behavior in varying conditions is possible.

Thus, the object of modeling is the pinch of tokamak KTM. Plasma column at its simplest consideration is the flow of ions with high energy. It can be represented as a hard wire of a certain length located at a high voltage, in which the action of the potential difference is moving electrons flow - current.

The main methods of electromagnetic plasma diagnostics are:

1. Current measurement using Rogowski coil - small sections with a flexible long cylindrical non-ferromagnetic core and uniform winding along the entire length of the core.
2. Voltage measurement - loop connection.
3. Measurement of plasma dynamics using magnetic probes - small coil, usually located at the periphery of the plasma objects and oriented in different directions. By fluctuations of the magnetic flux penetrating the coil is judged on the movement of the plasma column [2].

The main parameter of plasma - plasma current, to achieve the desired operating modes to be changed by law, shown in Figure 1, and has the following mathematical description of (1):

$$I_p = \begin{cases} \frac{I_{plato}}{t_{plato}^0} \cdot t \\ I_{plato} \\ \frac{I_{plato} \cdot (1-t)}{t^n - t_{plato}^n} \end{cases} \quad (1)$$

where $I_{plato} = 750 \text{ kA}$ - while maintaining the plasma current plateau;

$t_{plato}^0 = 0.26 \text{ c}$ - the lifting power to reach a plateau;

t_{plato}^n - time of the maintenance of the plasma current plateau and began the final stage.

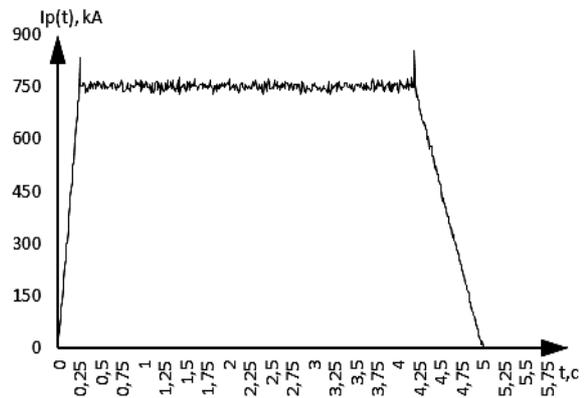


Figure 1 Changes in plasma current with the random component

On the basis of logical considerations, the random component is taken by the normal distribution (2).

$$y(I, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(I_p - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

where μ - the mean value of the plasma current;

σ - the standard deviation.

Standard deviation is permissible deviation from the mean, in which the probability of any instability is close to zero. In the simulation of the plasma current, taking into account the random component, the standard deviation is 10% of the average value according to the technical requirements [3,4].

The next important step is to select the type of simulation.

There are many types of modeling, but the most relevant are described below.

Mathematical modeling:

Mathematical "equivalent" of process or object that reflects fundamental properties is made.

Scope - any processes that are amenable to mathematical description.

Advantages of the method - a wide range of applications.

Disadvantages of the method - is often difficult to build a model taking into account all factors adequately.

Statistical modeling:

The model is based on the identified statistical regularities.

Scope - a process by which you can gather a lot of statistics.

Advantage of the method – while having all qualitative data method is accurate and easy to use.

Disadvantage of the method - high demands to the statistical data.

Simulation:

Considered system is replaced by the model, describing real system with high accuracy, in order to obtain information.

Scope - method is used when it is expensive or impossible to use a real model and / or analytical model.

Advantage of the method – the model with the ability to control properties, which are close to the reality is created.

Disadvantage of the method - the complexity of the description of all the conditions and requirements of processing power.

Physical modeling:

Experimental modeling based on physical similarity reduction in size of the model.

It's used if you can not use the analytical method and playback in real size.

Advantage of the method – the field of application, inaccessible to other methods

Disadvantages of the method - the method can give reliable results only at the physical similarity modeling.

Natural modeling:

Model - financially or mentally represents an object sufficiently repeating properties that are essential for the simulation.

Application – is applied for a series of tests on the model.

Advantages of the method - the ability to test the object model in real conditions.

Disadvantages of the method - the cost of a model can be high.

In conclusion, after a detailed review of modeling methods, their advantages and disadvantages, we can conclude that the best for a given problem method is the method of simulation. It is impossible to use the real model, because of the difficulty to achieve the necessary conditions for plasma. The only parameter which is the current of plasma can be described analytically, the rest depends on many external factors, making impossible the analytical description.

REFERENCES

1. Alexander Kuznetsov Modeling and analysis of work situations / A. Kuznetsov, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Institute of Mining, Ed. Ed. MV Kurlenya. - Novosibirsk: Nauka, 1996. - 132 p.
2. Samoilenko YI, Gubarev VF Krivonos Yu.G. Management of fast processes in fusion devices. - Kiev: Nauk. Dumka, 1988. - 384 p.
3. Azizov E.A design and analysis of software scripts discharges in tokamak plasmas Kazakh material science (KTM) / EA Azizov, VN Dokuka // Problems of Atomic Science and Technology. Series: nuclear fusion. - 2009. - №: 4. - 37-53 seconds.
4. Azizov EA, Tazhibaeva VS MATERIAL Kazakhstan Tokamak KTM and questions fusion. - Alma-Ata: Nauka, 2006. - 236 p.

PARAMETRIC OPTIMIZATION MODEL OF OBJECT IN A CLOSED AUTOMATIC CONTROL SYSTEM BY ITS REACTION TO A STEP CHANGE OF CONTROL ACTION

A.V. Korykovtsev, N.S. Krinichin

Scientific advisor: N.S. Krinichin, Language supervisor: S.S. Budkova
Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenin Avenue 30
E-mail: grup0792@yandex.ru

Control actions and their consequences should be formed by control device considering its processing facility, its condition, and thus providing the necessary purposeful course of the process. Therefore, to control the technological objects with a high quality it's necessary to know the principles (patterns) that exist between the input and output of the controlled quantity [1].

Such linkages between outputs and inputs of the object represented formally are called the model or algorithm of the object. Without a formal model of the object is not possible to develop a focused management. The more versatile, more precisely defined model of technological object is, the more effective and efficient the management can be achieved. Identity is used for determining the model of technological object.

In general, the identification problem is to identify the operator of a facility that converts inputs actions to the output actions. In connection with this problem structural and parametric identification is distinguished. The structure and form of the operator of the object, or in other words kind of mathematical model of an object is determined by the structural identification. The aim of structural representation is to identify a real object management in the form of a mathematical model. The specific choice of the mathematical model depends on the type of object. The parametric identification is carried out after the fact, as a mathematical model of the object is defined. It is to determine the numerical parameters of the mathematical model. Finding of the optimal numerical parameters of the mathematical model of technological facility enables to create an automatic control system with the required levels of quality. The identification enables us to investigate modes of technological object at various influences.

Traditionally, the definition of the technological object is carried out by examining its response to the deterministic effects in the open loop. But not all of the existing real objects under study can be considered separately from the whole system of automatic control without interrupting the production process. The ability identification engineering systems in closed-loop becomes relevant [1].

The purpose of this paper is to prove the possibility of parametric technological identification of the object described by differential equations of the first order with delay in response closed automatic control system (ACS) by reaction on a step change of the control action.

With the help of a software package Matlab.Simulink modeled ACS, consisting of the PID

controller and considered technological object represented in the closed and open contour (fig. 1). The graphs below show the comparison of the object reaction in different circuits. They represent the identity of the output characteristics of the object (fig. 2 and fig. 3). Thus, the possibility of parameters identification of technological object in a closed loop is proved.

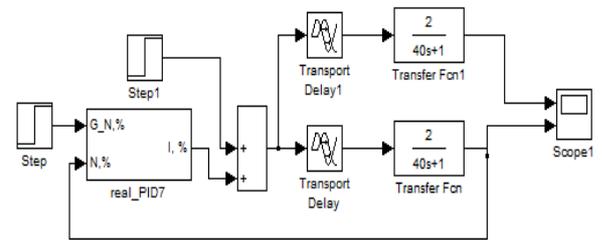


Fig. 1 – The model ACS in Simulink

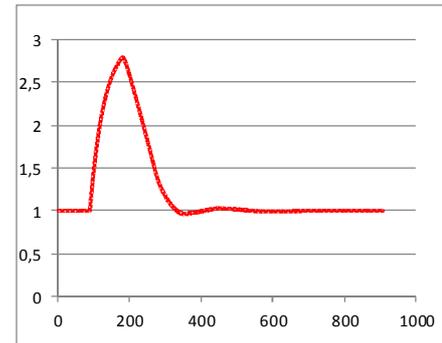


Fig. 2 – The response of the object in a closed loop

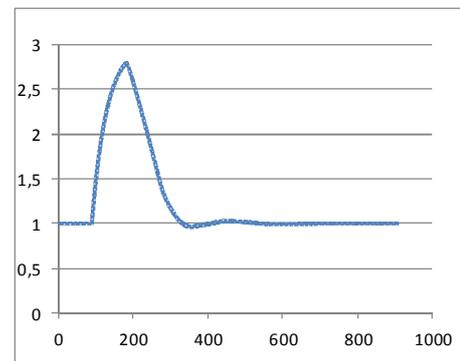


Fig. 3 – The reaction of the object in the open loop

To determine the starting points for parametric optimization, an algorithm which allows us to determine the gain, time constant and time delay model of technological object by the reaction of closed ACS to a step change of the control action has been developed [2].

Transfer coefficient of the object was determined by the method of space, according to which:

$$K_{ob} = \frac{S_y}{S_x} \quad (1)$$

where K_{ob} - transfer coefficient of facility, S_x - area under the curve of input control action, S_y - area bounded by a controlled reaction coordinate on this impact (formula 1).

Time delay allows determining the dynamic characteristics of an object, using a solution of the homogeneous differential equation of the first order (if $X(t) = \text{const}$) of the form:

$$y(t) = y_0(t) + K * \Delta x \left(1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}}\right) \quad (2)$$

where $t \geq \tau$.

Therefore, the estimated ratio for the time constant and time delay is as follows:

$$T = \frac{t_2 - t_1}{\ln \left(\frac{K * \Delta x - y_1 + y_0}{K * \Delta x - y_2 + y_0} \right)} \quad (3)$$

$$\tau = t_1 + T * \log \left(1 - \frac{y_1 - y_0}{K * \Delta x} \right) \quad (4)$$

where y_1 and y_2 values of the reactions of the object at time t_1 and t_2 respectively, y_0 values of the reactions of the object at the initial time.

The developed procedure is applied for identification the technological object described by the following transfer function [2]:

$$W = \frac{2 * e^{-90s}}{40 * s + 1} \quad (5)$$

To minimize discrepancies reaction of model parameters found (according to formulas (1), (3), (4)) and the output coordinate of a closed ACS procedure of optimization was carried out. This procedure assumes the variation of the starting parameters of the model of the object to determine the values at which modelling will most accurately describe the reaction of the original ACS. The results of the identification of the model parameters (5) in the closed loop are shown in the table (see table 1).

Table 1 – Comparison of the identification results

	The initial parameters	The starting parameters	The estimate of the deviation, %	The optimal parameters	The estimate of the deviation, %
K_{ob}	2	2	0	2	0
T_{ob}	40	39,99	0,0021	39,999	0,0018
τ_{ob}	90	105,8	14,95	89,7	0,38

For visual proof of the possibility of parametric identification of the object by the reaction of a closed ACS to a step change of control action, the reaction of the object at the original, starting and calculated parameters is given (fig. 4).

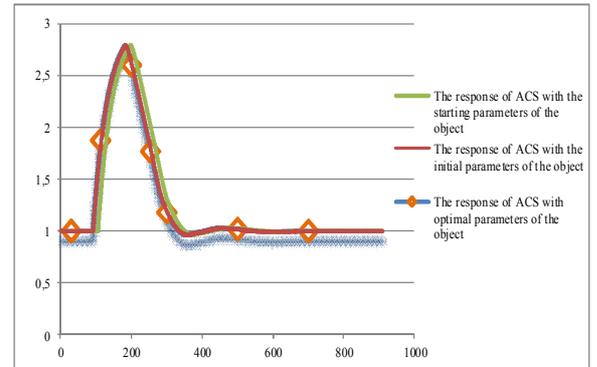


Fig. 4 – Responses of the object and the modeling to a step change in of control action

The reaction of ACS with optimal parameters highlighted shadow, as virtually identical with the reaction of ACS with original settings.

Based on the graph, we can conclude that the identification and parametric optimization of the object by the reaction of the closed ACS is possible and it gives accurate results because the difference between the output characteristics of the object is minimal.

Thus, it was proved that identification technological object, described by a differential element of the first order with delay, if necessary, is possible in ACS with closed loop without affecting the integrity of the entire system.

References:

1. Identification in closed and open loop [electronic resource]: http://www.bookasutp.ru/Chapter5_1_4.aspx (date accessed 21.02.2013).
2. N.S. Krinichin, V.F. Diadik, S.A. Baidali Adaptation of settings typical single-loop controllers in control systems, - Devices and systems. Management, monitoring, diagnostics., pages.01-07.

AUTOMATIC STABILIZATION SYSTEM OF THE HELICOPTER MODEL

Kotov M.G.

Scientific Supervisor: engineering science, Zamyatin S.V.

Linguistic Advisor: linguistics, Didenko A.V.

Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenina avenue 30

maksim.schwert.2@gmail.com

Nowadays in many technological areas and industries automatic control systems (ACS) are used. They support or improve the functioning of a control object without direct human intervention, according to pre-set goal of control.

The purpose of this work is development and implementation of the microcontroller based system of automatic stabilization for a helicopter model according to the speed. To implement the objectives of the project the following tasks must be completed:

- develop a framework and algorithms of automatic stabilization;
- design the hardware;
- implement the designed hardware on the PCB;
- develop software systems;
- test and describe the derived system of automatic stabilization.

For solving given problems the laboratory bench was developed and mounted. Its functional scheme is represented on the figure 1.

The work of the laboratory bench could be described as follows:

he fixed voltage of laboratory power supply is supplied to the engine of the main propeller of the helicopter model. Reactive rotating torque of the main propeller blades makes a helicopter cabin (1), fixed on the rotating too axle (2), move in the opposite direction. A large pulley (3) located at the axle is rotated as well. A belt-drive (4), arranged between the pulleys, rotates the small pulley (5), which is placed on the encoder shaft (6). The encoder is activated by turning the small pulley at 15° (according to the laws of mechanics the rotating angle of large pulley is 1.25 times less). Changes in the angle of rotation of encoder shaft are registered by the controller of the soldered PCB (7), where the information is processed and the voltage is generated. You can adjust the rotation speed by changing voltage values of the main propeller's engine. It changes the capacity of the airflow, which helps to keep the helicopter cabin in the valid angular range.

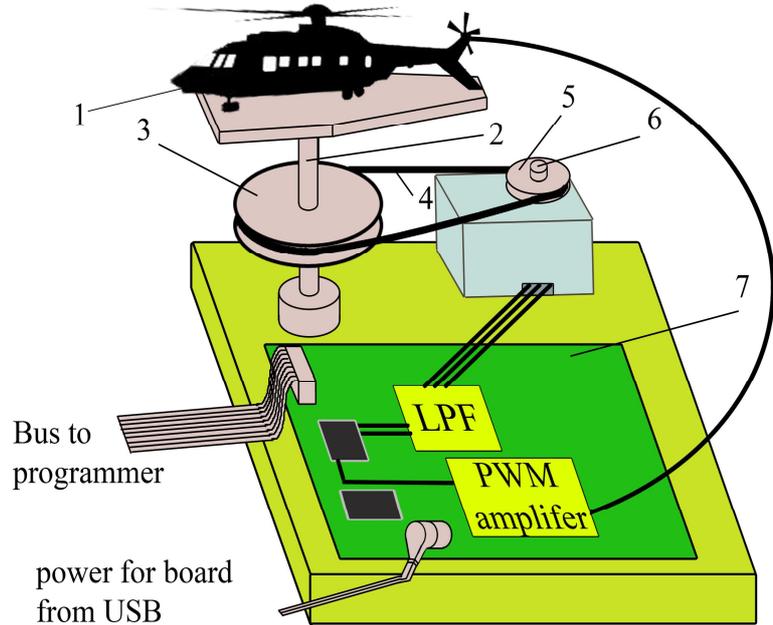


Figure 1. Functional scheme of the laboratory bench

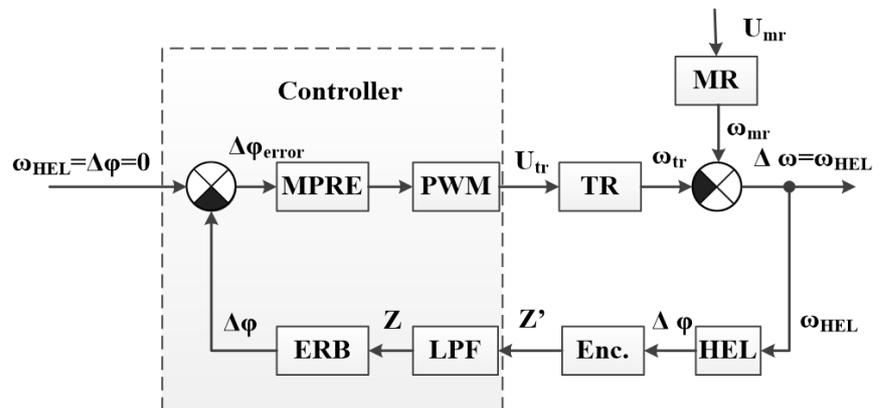
1) the helicopter cabin

2) the axle of rotation 3) large pulley 4) belt-drive;

5) small pulley 6) encoder shaft 7) soldered PCB

he controller output voltage values, required to the engine, are formed on the bases of a pulse-width modulation applied to the signal output.

The block diagram is shown in Figure 2. Set influence is given to the input of a microcontroller stating that the rotational speed of the cabin should be zero. Let as assume the voltage, which is given to the engine of the helicopter main propeller, is disturbing influence. It sets the rotating speed of the main propeller blades, creating the reactive moment of rotation, which propels the rotation of the cabin. The



process of the feedback looks as follows: the *Figure 2. Block scheme of the laboratory bench* transformation of the rotating speed of the cabin changes the deviation angle, which is detected by the encoder and a signal is sent to the microcontroller. The microcontroller in its turn processes data and produces the control influence to the main propeller, which stabilizes the helicopter's cabin according to the rotation speed.

The line graph of the transient process (Figure 3) demonstrates the behavior of the helicopter model, when the launch of the stabilization system is carried out after the launch of the engine of the main propeller.

The turn on time of the stabilization system is approximately 0.1 seconds.

- The first maximum is reached within 0.9 seconds.
- If the accuracy of measuring the angle is 12° , then the transition process will be about 7 seconds, after which the process will switch into self-oscillation mode.
- The steady-state value of the angle of the system is $(5-1) \cdot 12^\circ = 48^\circ$.
- Deregulation of the order of 80%.

Conclusion.

As a result of this work ATmega8515 microcontroller based system of automatic stabilization for a helicopter model according to the speed has been implemented and the following conclusions may be drawn: this system is not sufficient to stabilize the helicopter's cabin, and not to mention the cabin of a real helicopter. The analysis of individual parts of the system has revealed that the system has such low quality due to low precision of the sensor.

References

- [1] Horowitz P., Hill W. (1998). The art of electronics. (3d ed.). (Galperina, M.V., Trans.). Moscow: "World". (Original work published 1981)
- [2] Yakovleva, E.M., Zamyatin, S.V. (2010). Course projecting at automatic control systems. Tomsk: "TPU".
- [3] AnalogDevices Inc. (2005). Isolated RS-485 Transceiver ADM2483. *User manual*. Norwood.
- [4] Encoder – Wikipedia [WWW document]. URL http://ru.wikipedia.org/wiki/Датчик_угла_поворота/
- [5] AVReAl – ICP programmer of AVR [WWW document]. URL <http://real.kiev.ua/avreal/>

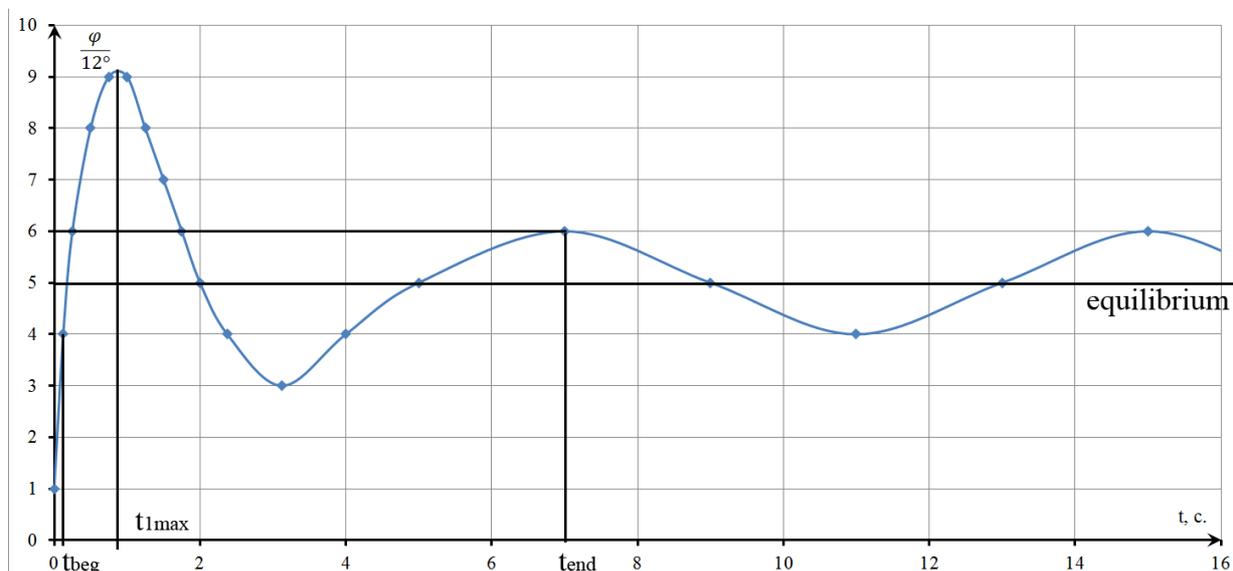


Figure 3. Transient process line graph
 t_{beg} – beginning of the transient process;
 t_{end} – end of the transient process
 $t_{1\text{max}}$ – time to reach of the first max.

APPLYING MODERN DESIGN AND VISUALISATION TOOLS FOR DEVELOPMENT OF METHODOLOGICAL INSTRUCTIONS BY STUDYING ASYNCHRONOUS ENGINE

V.V. Kudryashova

Scientific supervisor: Panshin G.L., assistance lecturer

Language supervisor: Pichugova I.L., senior teacher

Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia

vikakudry@gmail.com

Introduction

There is a growing tendency in educational process to use electronic resources such as books, textbooks, articles, methodological study guides which allow students to study educational subjects with bigger interest and profit.

While reading a printed methodological aid a lot of students face the problem of understanding how this laboratory complex works.

Laboratory benches, which have electric motors, electrical machines, and electromagnetic relays in their body, are very hard for students to understand.

Nowadays education institutions are in need of integrating modern information technologies in laboratory operations manual. To solve the above-described problem it is suggested that visualization of physical processes and explanation of operation concepts of the laboratory facility should be implemented with the help of 3D-programs.

Development

The lab under study is dedicated to the structure of three-phase induction motor and study of control methods and means. It often causes difficulties for students to understand such material as motor performance, energy conversion process in electric machines, the structure of three-phase induction motor, working principle of induction and synchronous motors.

Taking into account everything mentioned above, the goal of the work has been formulated in such a way - to develop an electronic methodological guidance to a laboratory bench having the principle of the induction motor and control it by using frequency converters.

Today for developing interactive aids, different software packages are applied, one of the best and most modern is 3DVIA Composer. It is a multi-operated tool for creating visual technical documentation for product being developed. Thanks to convenient and functional design system of multimedia content, 3DVIA Composer automates the procedures of assembly / disassembly, creating technical illustration, 3D-animations, training manuals, product catalogs, etc. Also, this product allows you to quickly update and transform existing 3D-design data into high-quality reporting documents, including texts, technical illustrations, animations, and interactive 3D-experiments. Thanks to supporting a wide range of file formats, 3DVIA Composer allows

you to work with the product entirely, even if it was created in different CAD-systems.[1]

Among the huge number of software products for developing structural components, assemblies and products the best design tool is a software package called Solid Works due to its convenience and availability of user interface with the help of which a computer model of the laboratory setup was created. The main purpose of Solid Works is to provide open-ended process of design, engineering analysis and manufacture of products of any complexity and purpose, including the creation of interactive documentation and data exchange with other systems.

It is also important that both software packages Solid Works and 3DVIA Composer are products of the same large company Dassault Systems. Consequently, maximum correct interaction of a three-dimensional object created with the Solid Works and 3DVIA Composer application packages is provided. [2]

With the help of properly implemented laboratory course in Solid Works software, and then edited and visualized in 3DVIA Composer software product, the student will realize the work of the motor before working with the stand, and it means that he will be able to understand the laboratory setup better, acquire deeper knowledge and reinforce it.

The aim of the laboratory work is to study the principle of the induction motor and control it by using frequency converters. [3]

Induction motors are simple from design and manufacture points of view, reliable as well as the cheapest among all types of electric motors. They do not have a brush-collector unit, like a direct current motor has, or a sliding knot current collector, as in direct current generators, that in addition to high reliability ensures minimal maintenance. Depending on the number of phases of the supply there are three-phase and single-phase induction motors. [4]

Figure 1 shows the structure of an induction motor.

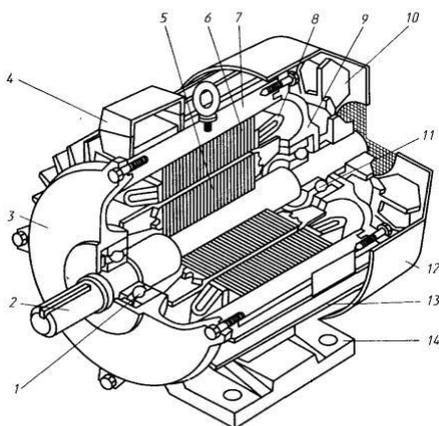


Fig.1. General view of the induction motor

Laboratory stand description

Laboratory stand includes:

- TPM212 – measuring instrument – micro processing regulator;
- I/R – programmable converter normalizing temperature NPT1;
- PLC110 – programmable logic controller PLK110-220.32.P/L;
- VFC – vector frequency converter;
- IM – induction motor;
- EF – emulator furnace;
- TCM 50M – thermal resistance copper, grading 50M;
- SF1, SF2 – automatic switch. [5]

Figure 2 shows a diagram of the laboratory setup.

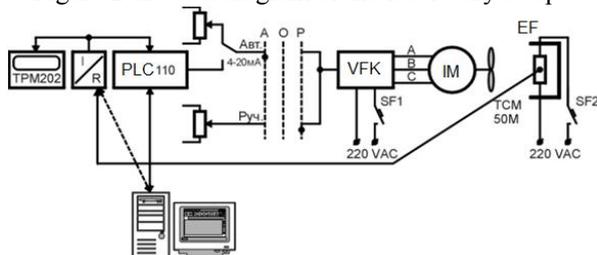


Fig. 2. Block diagram of the laboratory stand

To achieve the goal set it is necessary to solve a number of problems:

- to study the existing textbook devoted to this laboratory work;
- to examine laboratory bench, to get acquainted with the principle of how each element works, its composition and purpose;
- to study a mechanism for creating 3D-models and working with CAD Solid Works for solving production tasks;
- to become familiar with the tool used for creating visual and technical documentation - 3DVIA Composer;
- to create a 3D-model of the laboratory stand "Control of three-phase electric motor, study of

methods and means of control" in the CAD Solid Works;

- to design and implement an electronic textbook by using 3DVIA Composer software.

Conclusion

As a result of doing a research the electronic version of the laboratory stand has been created, and it was designed and built by using Solid Works software. After that 3D-illustrations and demonstration videos which show how particular parts of the machine work were created in 3DVIA Composer software product. Also, with the help of these software packages methodological instructions on laboratory setup were created for students. So they will be able to deal with laboratory work in a more interesting way, to perform laboratory work successfully and to improve their knowledge of the subject. Electronic methodological instructions include 3D-animation, video clips, showing the work of the laboratory setup and the principle work of the induction motor. Figure 3 shows the induction motor which created in the CAD Solid Works.

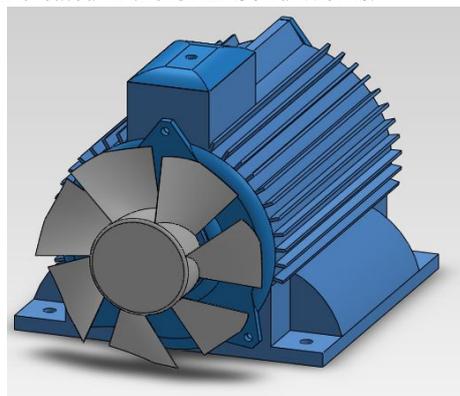


Fig.3. The model of the induction motor in CAD Solid Works

The introduction of the methodological guide in the curriculum will be in 2013. At present the handbook is under testing.

References

- 1 3DVIA Composer [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.3ds.com/ru/products/3dvia/3dvia-composer/portfolio/3dvia-composer>, free.
- 2 DSS Solid Works Russia [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.solidworks.ru/>, free.
- 3 Methodical instructions for laboratory work «Control Three-phase electric motor drive study of methods and means of control» TPU. Tomsk 2012 .
- 4 Bruskin D. E. Electrical machines and electric machines. The manual for instrument-specialties universities. M.: Higher school, 1971, 432 p. p fig.
- 5 Farzaneh N.G., Ilyasov L.V., Azim-Zadeh A. Yu. Technological measurement and instrumentation: Textbook for students with a degree «Automation of technological processes and production». – M.: Higher school, 1989. – 456 p.: fig.

THE CONTROL SYSTEM DESIGNING OF PAINT COLOR MATCHING ON THE MIXING STATION "FESTO" BASIS

Kuzmin N.A., Los N.V

Science supervisor: Mihailov V.V., PhD in Technical Sciences, Associate professor

Linguistic advisor: Kuznetsova I.N., Senior Teacher

National Research Tomsk Polytechnic University, Russian Federation, 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30

E-mail: nikitakuzy@gmail.com

Color is the visual perceptual property corresponding in humans to the categories called red, blue, yellow, green and others. Color derives from the spectrum of light (distribution of light power versus wavelength) interacting in the eye with the spectral sensitivities of the light receptors. Color categories and physical specifications of color are also associated with objects, materials, light sources, etc., based on their physical properties such as light absorption, reflection, or emission spectra. So color plays a really important role in our life, but at the same time not everybody thinks about how to identify one or another color. For example when you paint a car, you have to face problems of choosing the paint color by sample and identifying small differences in its shades.

The final color of the paint is a mixture of basic colors. The RGB color model is accepted in one's capacity of the basic colors. The RGB color model is an additive color model in which red, green, and blue light are added together in various ways to reproduce a broad array of colors [1].

The pigments should be carefully selected in tinting systems. Using a color circle, you can more or less imagine what color there will be if two nearby colors are mixed with each other.

In recent years we've seen an increasing demand for different colors identification. At the same time it increases the demand for the color gamma determination quality of specified object. In connection with the increasing demand for quality, the technical characteristics of the device (that measures the intensity of light as a function of its wavelength) are improved too, such as spectral range of measurements, viewing angle, accuracy and convergence. Also we can see appearance of their own power sources (accumulators, batteries), reducing of the size and weight of device, consequently it will be compact and light and we can take measurements in any area. A spectrophotometer may be in the capacity of this device.

The main idea of this work is the generation of paint color matching automated system in connection with the increasing demand on this service. The most appropriate variant of the system is using a direct serial combination of essential objects. The rationale of choosing this decision is the high accuracy of the system, high speed, and quite easy installation and maintenance, so our system doesn't have feedback, which can make the system too complex and expensive for implementation.

As stated above the most appropriate variant for our system is use spectrophotometer because of collation of the final result with the model, to this effect we can re-use a spectrophotometer, and if the result does not satisfy us, we can add the necessary shade [3].

The high system accuracy is the result of using a high-precision station dosing and mixing station "FESTO"(Fig. 1).

Our mixing station consists of a controlled system with digital and analogue sensor and actuators. The controlled flow system is operated via a PLC and closed-loop controller. The process is executed according to the selection of a mixing quantity (0 – 10 liter) and a recipe. Depending on the recipe selected, the mixture is transported from three metering tanks into the main tank via the proportioning pump. The ready mixture can subsequently be pumped to a downstream station via a pump [4].

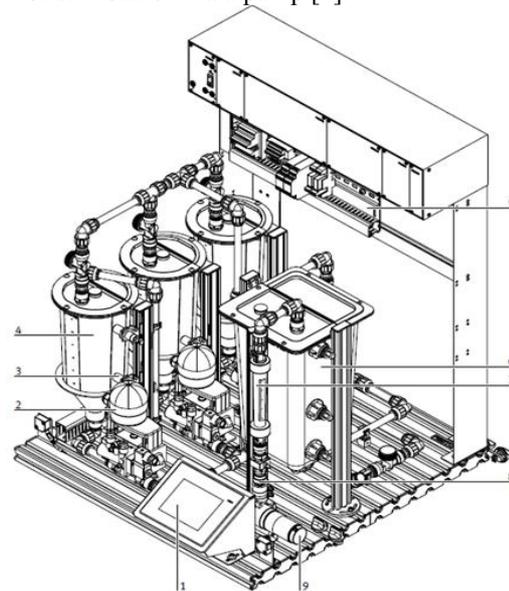
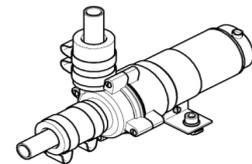


Fig.1. The mixing station "FESTO"

For our system we will choose **proportioning pump (Fig.2) / pump downstream PA station.**

Two centrifugal pumps are used to deliver liquids. A proportioning pump transports the liquid from the metering



tanks to the main tank for mixing; the second pump transports the liquid to the downstream PA station [2].

Another actuator that we will use for our system will be **2-way ball valve with pneumatic process actuator (Fig. 3)**.

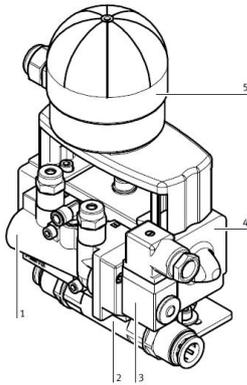


Fig.3. 2-way ball valve with pneumatic process actuator

display for the user [2].

Also it's necessary to use **level monitoring**. The following technical solutions for level monitoring are integrated into the mixing station:

- Capacitive proximity sensors are at the top and bottom of the each metering tank.
- Float switch as overflow protection.

We will choose **capacitive proximity sensors (Fig. 4)**.

Two capacitive proximity sensors are mounted on the metering tank and of the main tank to monitor the water level, using a mounting bracket on a profile rail. The proximity sensors are mechanically adjustable on the profile rail.



Fig. 4. Capacitive proximity sensors

In the case of the each metering tank the bottom proximity sensor indicates that the tank is filled with the filling amount for a recipe (1.6 liter). The upper proximity sensor indicates the maximum fill level (2.7 liter) of the first metering tank. Both proximity sensors are activated in the normal position, i.e. the tank is filled. The proximity sensors for the main tank are set at 0 liter (bottom) and 9 liter (top).

Our station can't exist without **float switch**. The float switch monitors the rising liquid in the tank and serves as overflow protection. As soon as the maximum fill level is exceeded, the float moves upwards, the reed contact in the switch housing opens and interrupts the current circuit of the pumps. The pumps are thus switched off.

A 2-way ball valve is mounted at the outlet of each of the metering tanks. The valve is opened and closed by a pneumatic process actuator. The control unit consists of a brass ball valve (2) with a semi-rotary actuator (4), a flanged NAMUR valve (1) with a solenoid coil (3) and a sensor box (5). The sensor box is used for the electromechanical positional feedback to the open and closed-loop control unit and the visual

We will use **flow sensor with impeller and flow sensor with float (Fig. 5)** as the sensors which are included in mixing station for function of flow control system. The liquid is pumped from the metering tank into the main tank by means of the proportioning pump. The flow volume is recorded as an actual value by means of an opto-electronic impeller sensor and is to remain constant even after malfunction or set point step-changes.

A flow sensor with float is used in addition purely to mechanically display the flow volume [4].

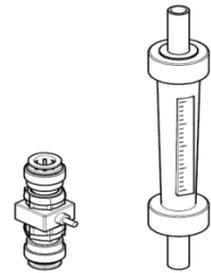


Fig.5. Flow sensor with impeller and flow sensor with float

Any station has to have some special input and output ports for connection with others devices that is why we will use the **connection board (Fig.6)**. The connection board serves as an interface for analogue and digital input and output signals.

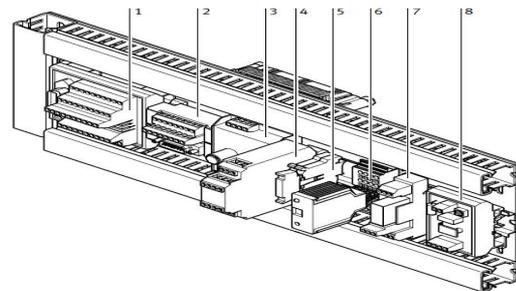


Fig.6. Connection board

All analogue signals are converted into 0 - 10 V and applied to the analogue terminal. Binary signals, max. eight inputs and eight outputs per station, are applied to the I/O terminal [4].

It should be emphasized that our system of paint color matching on basis of the mixing station "FESTO" can be used only for the purpose of vocational and further training in the field of automation and technology. Thereby this system has been successfully designed.

References.

1. The RGB color model [Electronic resource] / - Electronic data. - Access mode: <http://www.rapidtables.com>
2. SaloniX The – Festo Siemens [Electronic resource] / - Electronic data. - Access mode: <http://salonix.md/>
3. Industrial & diagnostic equipment [Electronic resource] / - Electronic data. - Access mode: <http://www.p-d-o.ru/>
4. Festo: Pneumatic & Electric Automation Worldwide [Electronic resource] / - Electronic data. - Access mode: <http://www.festo.com>

DESIGN OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF OXYGEN SUPPLY IN SPACE STATION ATMOSPHERE

Los N.V., Kuzmin N.A.

Science supervisor: Rudnitsky V.A., Ph.D. in Technical Sciences, associate professor

Linguistic advisor: Loginova A.V., senior teacher

National Research Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenin St., 30

E-mail: Hukolaulos@gmail.com

Space is the most unexplored part of the world. And to know more about it, it is necessary to design space ships and stations suitable for life. The objective of this work is to develop, probably, the most important part of the life-support system - control system of oxygen supply. Oxygen is a necessary component and without it people can not stay in space for a long time.

The oxygen supply delivery from the Earth is not efficient and impossible for interplanetary flights so it is necessary to design some regeneration systems that will generate oxygen. Thus, it is possible to use some well-known methods to generate oxygen by chemical or physical processes. For example, the phenomenon of photosynthesis – the carbon dioxide absorption and oxygen emission by plants under the influence of light, also the electrolysis can be used – the physical-chemical process that is the decomposition of water molecules into components (oxygen and hydrogen) if we use an electric current.

This work will consider the problem of oxygen supply control to the space station module. In the heart of the life-support systems there is a photosynthesis phenomenon because it is unique and solves several problems at once such as the oxygen generation and carbon dioxide absorption which in large quantities is dangerous for life and health of astronauts. To prevent this effect the automated control system (ACS) will be designed. The matter of ACS is the atmosphere in the space station module.

The control system of oxygen supply to the space station module assumes that the oxygen is already supplied at some level. And our task is to control this supply.

The oxygen supply control is possible by means of changing the amount of light. In this case, the curtains on case transparent elements or artificial light sources the light intensity of which is controlled by electric current supply can be used.

At the same time the light intensity is controlled by current injection. In this work the artificial light sources are used because they are easy to implement and it's not necessary to use any additional devices such as an electric engine. While the supplied current is controlled, the light intensity is changed and consequently the oxygen supply.

The life-support system module (fig. 1) consists of a separate module where there are green plants that generate oxygen.



Fig. 1. Life-support system module.

As a plant the Arabidopsis can be used. This is the only plant that successfully reached the flowering stage and could blossom in space [1].

The main atmosphere parameters for the space station are:

- The total pressure, kPa / mmHg 54-69 / 405-520
- Oxygen partial pressure, kPa / mmHg 20,6 / 155
- Nitrogen partial pressure, kPa / mmHg 47/350
- Air temperature, ° C 21,0 ± 1,0
- Relative humidity, 45%
- Oxygen consumption, g / (person per day) 750
- Carbon dioxide emission, g / (person per day) 990.

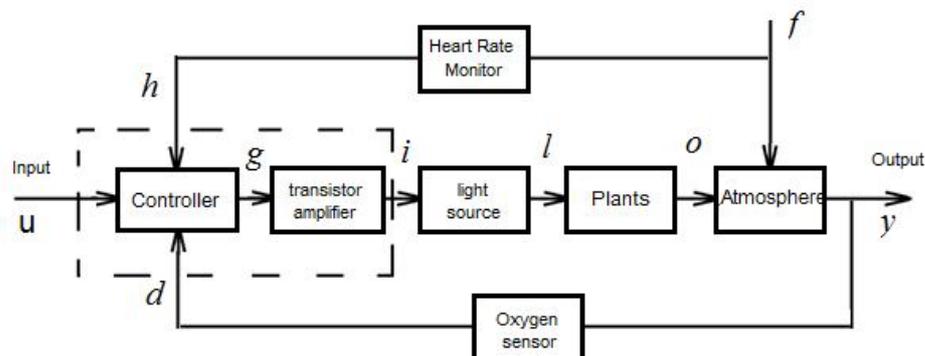


Fig. 2. The scheme of automated control system (u - input signal; g - control signal; i - electric current; l - light; o - oxygen; y - output; d - oxygen sensor signal; h - heart rate monitor signal; f - perturbation action (physical activity)).

The automated control system (fig. 2) which uses the departure as well as the perturbation was developed. The departure control is an efficient control method where the current value departure of the output variable from the desired value is determined and the control action is formed on its basis.

There is an oxygen sensor at the output that measures the oxygen concentration in the atmosphere of the space station. The sensor transmits the monitor signal to the controller. The controller compares the input signal with the calibrated value, and regarding the departure it sends the output signal i.e. the drive current to the transistor amplifier.

To measure the oxygen supply at the output the galvanic oxygen sensor such as GOS-21 can be used. GOS-21 (fig. 3) is a type of electrochemical sensor with a liquid alkaline or acid-based electrolyte. Oxygen sensors are designed to transform the partial oxygen pressure in the gas mixture into the direct current or voltage analog signal.



Fig. 3. Galvanic oxygen sensor (GOS-21).

The main reason to choose this sensor for the space station is the operation steadiness at vibration over the frequency range of 20-2000 Hz with acceleration up to 20 g while the rocket experiences the acceleration forces up to 10 g [2] when taking off.

The perturbation control system is designed to reduce the influence of perturbation action on the control object output value by measuring this influence and its impact balance due to the artificial influence on the process. The main criterion to develop such system is the ability to measure the perturbation action. In our case, the perturbation action is a man's physical activity, because at this time the man starts to consume oxygen actively. His heart rate increases and it means that the perturbation action can be measured. To measure it the heart rate monitor (fig. 4) is used. The heart rate monitor is a personal monitoring device which allows one to measure his heart rate in real time or record the heart rate for later study. It is largely used by performers of various types of physical exercise [3].



Fig. 4. Heart rate monitor.

The heart rate monitor transmits the control signal to the controller. The controller compares the received signals with calibrated values and sends monitor signals to a certain transistor amplifier. The transistor amplifier changes the power current and sends it to the light sources according to the monitor signals. Plants under the effect of light and by means of the photosynthesis generate oxygen that enters the space station module.

The result of this work is the automated control system that takes into account the departure and perturbation action. It makes the system more complicated, but also more accurate. This method allows the most efficient use of automated control systems to eliminate surprises, to forecast the system performance in abnormal situations, to level off the system at any disturbance.

As the space station is a very important matter, to avoid problems with the life-support system this system can be used in combination with some other systems.

References

1. "The Moon will be a garden": [Electronic resource] / - Electronic data. – Access mode: http://www.plantopedia.ru/news/details/zelenij_mir2/sadom_stanet_luna_kogda_zemnye_dostavim_syuda_semena/ [access: 01.03.2013].
2. CJSC "INSOFT": [Electronic resource] / - Electronic data. – Access mode: <http://www.insovt.ru/o2sensors/> [access: 01.03.2013].
3. Garmin: [Electronic resource] / - Electronic data. – Access mode: <https://buy.garmin.com/shop/shop.do?CID=142&PID=84374> [access: 01.03.2013].
4. Library of a young researcher. [Electronic resource] / - Electronic data. – Access mode: <http://nplit.ru/> [access: 01.03.2013]
5. Malichenko A.M. Series of lectures on automatic control theory.

WIRELESS SENSOR NETWORKS

Dmitry S. Medvedev

Supervisor: Sergey S. Mikhalevich, engineer.

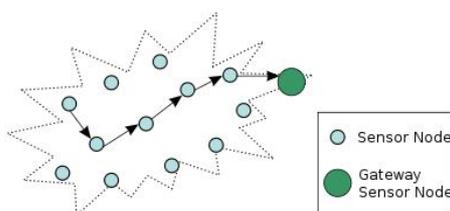
Language advisor: Nataliya G. Novikova

Tomsk polytechnic university, 634050, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30

E-mail: deim.medvedev@gmail.com

Nowadays, automation has penetrated and influenced more and more areas of our lives. Automation is all around us: fire alarm, car alarms, door openers, conditioners. But the best use of automated systems using sensors is found in industry: from food production to monitoring the process of uranium enrichment. The important part of automated manufacturing is getting and processing data from sensors. Sensors are used to measure various process parameters such as temperature, pressure, light level and many others. One of the major problems associated with the use of sensors is the need to connect cables to each individual device. As they may be at a significant distance from each other and from the server, the cost of the cable network may be comparable with cost of all sensors. One possible solution to this problem is to create a wireless sensor network.

A wireless sensor network consists of spatially distributed autonomous sensors to monitor physical or environmental conditions and to cooperatively pass their data through the network to the main location. The wireless sensor networks is built of "nodes" – from a few to several hundreds or even thousands, where each node is connected to one (or sometimes several) sensors. Each such sensor network node has typically several parts: a radio transceiver with an internal antenna or connection to an external antenna, a microcontroller, an electronic circuit for interfacing with the sensors and an power source, usually a



battery or an embedded form of energy harvesting.

Figure 1 - Typical multi-hop wireless sensor network architecture

The main purpose of this work was to build a wireless sensor network of 5 nodes based on Opensensor Platform which was developed at the Aalborg University, Denmark. Each of 5 sensor nodes has several parts:

- a radio transceiver with an internal antenna, nRF905
- microcontroller PIC24FJ64GB002
- an electronic circuit for interfacing with a sensor
- slot for a micro SD memory card
- LEDs for indicating node activity



Figure 2 – a picture of the open sensor board

The project was divided into 3 parts:

- choosing and implementing routing method
- choosing and implementing MAC protocol
- comparing the quality and speed characteristics of the connection with and without MAC protocol.

Routing is the process of selecting paths in a network along which to send network traffic. In packet switching networks, routing directs packet forwarding, the transition of logically addressed packets from their source toward their ultimate destination through intermediate nodes. The routing process usually directs forwarding on the basis of routing tables which maintain a record of the routes to various network destinations. Routes can be set administratively (static routing), or calculated using routing algorithms, based on the information about the topology and the status of the network obtained by the routing protocols (dynamic routing). Dynamic routing means that each individual device during the work will collect information about the topology and the status of the network and, on the basis of this information will determine the best route for data transmission.

In case of multi-hop wireless sensor network it would be better to use dynamic routing, because in case of failure of one or more intermediate nodes, the sent message will not reach the final destination. But, since the implementation of a dynamic routing protocol would require a much time and all the work is carried out in the conditions under which all 5 devices work, it was decided to use static routing and write the routing table indicating the direction of transmission received packet for each of the devices.

Table 1 – The routing table for node 1

Destination	Next hop
2	2
3	3
4	3
5	2

Medium Access Control (MAC) provides the mechanism to control access to channels, which allows multiple devices to communicate with each other in a multipoint network. Without any MAC protocol devices will interrupt each other with simultaneous data transfer. As a result, the receiver will receive data from the device, whose transmitter has more power or is closer to the receiver, and data from device with a weak signal or from distant device will be lost. Firstly, a pure ALOHA protocol is implemented, the essence of which is the continuous transmission of data until an acknowledgement is received. The work of such a protocol in networks with a large number of devices would not be possible, because during the show there would be a large number of collisions. As a result, for further work was selected simple CSMA protocol. Carrier sense multiple access (CSMA) is a probabilistic MAC protocol in which a node verifies the absence of other traffic before transmitting in a shared transmission medium.

To compare the quality and speed characteristics of the connection using the MAC protocol and without it delays and packet loss on various data rates were measured.

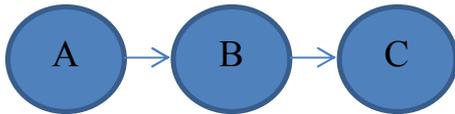


Figure 3 – Scheme of packet loss measuring.

According to this scheme, the number of lost data packets sent from node A to node B via node C was measured. Burst of 128 packets each being of 32 bytes size, was sent.

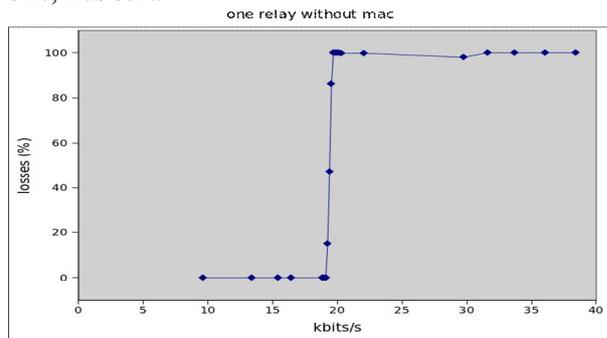


Figure 4 – Packet loss without MAC protocol

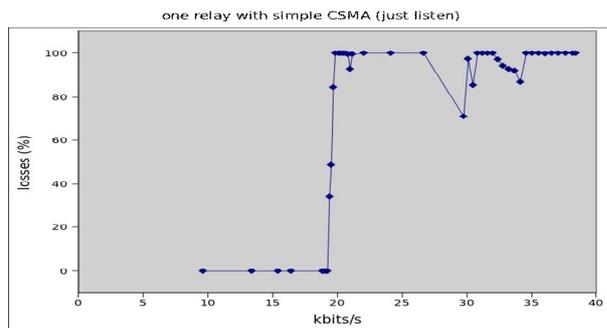


Figure 5 – Packet loss with CSMA MAC protocol

Threshold after which there is almost a 100% packet loss is 19.2 kilobits per second. The measurements show a slight change in performance using the MAC protocol and without it. This may happen due to the imperfection of the measurements, or the failure of the normal operation of the node at speeds above a specified threshold.

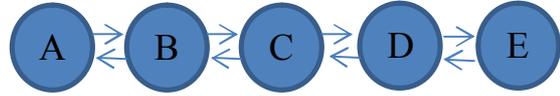


Figure 6 – Scheme of delay measuring. During delay measurements node “A” sends ping messages to node “D” device and waits for the acknowledgement. Measurements have shown that the transmission delay is 7ms on each device.

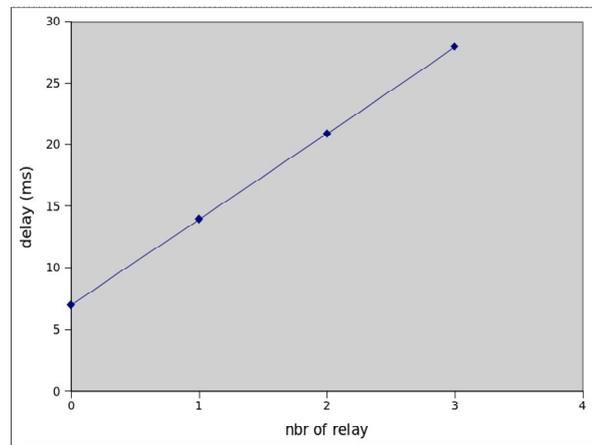


Figure 7 – Delay measurement.

The result of this work is a fully functional wireless sensor network consisting of 5 units and being able to transmit data using CSMA MAC protocol and static routing. More advanced MAC protocol, as well as dynamic routing can be considered, as possible future improvements. This will increase the number of devices in a network and prevent possible data loss due to failure of one or more devices.

References:

1. Opensensor platform. URL: <http://mobiledevices.kom.aau.dk/opensensor/>
2. F. L. Lewis. Wireless Sensor Networks. - The University of Texas at Arlington, 2004. – 2 p.
3. Olifer V.G., Olifer N.A. Computer Networks. Principles, Technologies and Protocols for Network Design. - 3rd ed. - St. Publishing House "Peter", 2006. - 958 p.
4. R. Frank, Understanding Smart Sensors, 2nd Ed., Artech House, Norwood, MA, 2000

ENVIRONMENT LAYER MODEL FORMATION ALGORITHM IMPLEMENTATION USING LAND AND BOREHOLE SEISMICS DATA

Podaneva D.S.

Scientific adviser: Stepanov D.J., Candidate of engineering sciences, Associate Professor

Language adviser: Morozov V.S., teacher

National Research Tomsk Polytechnic University, Russian Federation, 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30

E-mail: dariapodaneva@gmail.com

Introduction

Seismic exploration is one of the leading Earth crust geophysical investigation methods. Seismic methods dominant position in exploration geophysics is caused by its large propagation distance combined with highly detailed exploration. One of these methods is vertical seismic profiling (VSP) method, based on an experimental analysis of seismic waves' propagation in real environment interior. VSP includes any kind of seismic measurements, where one of the elements (excitation source or elastic vibrations receiver) is placed and moved inside the borehole, and another one lies on the day surface or in a shallow borehole cavity [1].

One of the most important phases of working with seismic exploration data is their interpretation. VSP data interpretation includes such stages as environment's velocity-model formation, stratigraphic binding of the reflected waves and near-well space exploration.

One of the main points of seismic exploration data interpretation is the evaluation of the environment's characteristic data. In short, what's the most important is the structure of the environment. This is when layer models come in handy – they allow us to estimate each layer's composition.

This paper discusses layer model formation using the VSP, CDP and well logging data. The task of forming such models is indecorous and is usually solved based solely on the well logging or VSP data without taking into consideration the dynamic characteristics of the seismic waves. Direct problem solving based on these models, primarily a trace synthesis, becomes problematic. Thus it is important to create a model linking kinematic (velocity, time, distance) and dynamic (amplitude, impulse form, fluctuations frequency spectrum) characteristics of the environment and wave field.

The purpose of this research is to answer the research question: "How can kinematic and dynamic characteristics of the environment and wave field be combined in order to create a layer model as close to the real one as possible".

Model description

Geological cross-section can be divided considering the elastic wave propagation speed value into relatively homogeneous geological material layers, at the borders of which the velocity changes stepwise. Layer velocity is the mean wave propagation speed in the given layer in the direction perpendicular to the course:

$$V = \frac{H_2 - H_1}{t_2 - t_1}.$$

It is based on seismic logging data and also using the results of VSP. Usually, boundaries of the regions with different physical properties match the geological boundaries, which is used in seismic data interpretation [2].

The real environment through which seismic waves propagate is very complex. Environment model is a somewhat simplified representation of the geological cross-section. Usually a model is given in the form of layer arrays with known parameters defining the physical properties of each layer of the model. The model of the geological cross-section intended for calculating seismic wave field should contain following information: data on the position and geometry of the reflection boundaries, longitudinal and transverse waves velocities, density of the rock and the form of the seismic signal, excited by the source. The impulse response of the environment can be measured using borehole seismic methods. If the multiple inside the layer is not taken into consideration, the impulse response is defined by the sequence of the reflection factors from the borders of the two media:

$$k_{ref} \approx \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}.$$

The resulting synthetic seismic wave fields are then compared with the real fields, registered in field experiments. Comparing the real and model wave fields allows concluding the proximity of the real geological environment to the model that was used in the calculation of the model wave field.

Algorithm description

The task of the layer model formation can be stated as finding layer boundaries H_{i-1} and H_i and then choosing among multiple models the one that provides minimal divergence of the convolution results and the real data.

The geological model is usually broken down into layers and the velocity and density values are averaged within the bounds of given layers. Initial data for the layer model formation are cable depths h_i and head-wave arrival-time curve t_i , $i=1, \dots, N$, where N is the amount of receiving points used in seismic [3].

Layer model formation should start with defining the layer boundaries. It is known that at the constant speed within the layer the arrival-time curve is described with a first-order equation. Thus it's

rational to use piecewise-linear interpolation which results in linearity borders representing layers boundaries.

$$t_v(h) \rightarrow \begin{cases} a_1 h + b_1 = 0, h \in [H_0, H_1] \\ a_2 h + b_2 = 0, h \in [H_1, H_2] \\ \dots \\ a_N h + b_N = 0, h \in [H_{N-1}, H_N], \end{cases}$$

where H_{i-1} is the subsurface of the layer i and H_i is the roof, a is a value, inversely proportional to the wave propagation speed in this layer.

The solution to the direct problem of seismic, combining kinematic characteristics of the environment and dynamic characteristics of the reflected waves using this model from mathematical viewpoint is the convolution model [4]:

$$Y(t) = h(t) * S(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau) \cdot S(t - \tau) d\tau,$$

where $h(t)$ is the impulse seismogram,

$$h(t) = \sum_i k_{ref_i} \delta(t),$$

$S(t)$ is the reflected wave form and $Y(t)$ is the synthetic seismogram.

A variety of impulse forms can be used as a signal for synthetic seismogram calculation, e.g. autocorrelation function of the VSP data stacked trace, autocorrelation function of the CDP trace, analytical impulse [5], impulse form, obtained from the VSP data.

The correlation coefficient of the real and synthetic seismogram is used as the evaluation of the created model effectiveness:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}},$$

where x and y are amplitudes of the real and synthetic traces.

For a more graphic comparison the correlation coefficient is calculated on the whole time period in a certain running window, which allows evaluating similarities of the traces on a short period. Let's call this function a similarity function.

Algorithm testing

The developed algorithm was implemented in MATLAB computing environment and used in seismic exploration data interpretation of Severo-Ostaninskaya area, Kontorovichskoe deposit and Vostok-1, Vostok-3 and Vostok-4 boreholes. The research has shown that for Severo-Ostaninskaya area, the most efficient method was using the convolution of reflection factor trace with the autocorrelation function of the real seismogram. This is mainly because for these boreholes, only the acoustic logging data were available. Nevertheless,

the highest correlation coefficient of 0.76 was achieved while interpreting data from borehole 15.

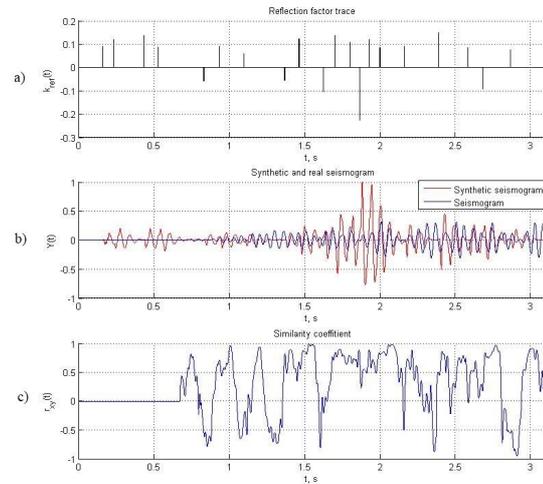


Fig. 1. a) Reflection factor trace, b) synthetic and real seismogram and c) similarity coefficient of the borehole Vostok-3

In case with Vostok boreholes, the most efficient one was the method that included the convolution with the impulse form, obtained from the VSP data, with phase shift. This method is the most promising one, because it is the one that takes the environment structure in consideration the most, and will be further developed in the near future.

Results

A layer model formation methodology and algorithm using the vertical seismic profiling and land seismic data was developed. This algorithm was implemented in the numerical computing environment MATLAB. A research on the real data recorded in the Tomsk region hydrocarbon deposits has shown that the convolution of the reflection factor trace with the impulse form, obtained from the VSP data, with phase shift, gives the highest similarity coefficient.

References

1. Galperin E.I. Vertical seismic profiling. Test and result. – M: Nauka, 1994. – 320 p.
2. Shevchenko A.A. Borehole seismic. – M.: RSU of Oil and Gas, 2002. – 129 p.
3. Gogonenkov G.N. Calculation and application of the synthetic seismograms – M.: Nedra, 1972. – 142 p.
4. R.E. Sheriff, L.P. Geldart Explorational Seismology, vol 2 – Cambridge: Cambridge university press, 1983, – 400 p.
5. J. E. White Underground Sound Application of Seismic Waves – M.: Nedra, 1986. – 262p.
6. Risnichenko J.V. Exploration seismology of layered environments M.: Nedra, 1985. – 184 p.

USE OF YOBOT SYSTEM TO MANIPULATE OBJECTS

Rud M.N.

Scientific supervisor: Alexandrova T.V., assistant lecturer,
Department of Integrated Computer Control Systems, Institute of Cybernetics
Tomsk polytechnic university, 634050, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30
E-mail: rudmax13@gmail.com

Introduction

One of the most important problems for intellectual systems development is to create robots having the property to function autonomously in conditions of environmental uncertainties. The range of applications of such robots varies from a domestic sector to military and aeronautic engineering branches solving specific tasks connected with monotonous or dangerous work. Designing a robot of this kind, it is important to create new algorithms allowing such a machine to move in unfamiliar space, detect and manipulate objects. The robots that function using these algorithms are particularly needed nowadays to be applied in industry, medicine and some rescue operations, for example, in 2011 to eliminate Fukushima accident consequences intellectual manipulators of the American company iRobot were used. The robots are not dependent on the program, which is based on defined sequence of actions, and also possesses the property to control the robots' actions in accordance with current environment conditions.

Use of youBot to perform movements, detect and manipulate objects

In our work we use the product of KUKA Corporation called youBot, an omni-directional mobile platform with a manipulator having five degrees of freedom and two-finger gripper (Fig.1).



Fig.1 View of youBot

Our task is to program the robot for:

1. Movements in uncertain environments with obstacles using global and local mapping;
2. Detection of differently-shaped objects in space with the help of Kinect sensor;
3. Manipulation of given objects.

The above steps of robot programming will be described in detail in the following parts of the article.

Use of Robot Operating System (ROS) to control the robot

To control the robot we use ROS, an open-source framework for robot programming. Among diverse ROS possibilities the most interesting for our task are such features as navigation stack that is used for local and global planning, and visualizer with 3D-model of youBot allowing us to test the developed programs step-by-step in real-time before deploying them on real hardware.

Navigation stack in ROS

The navigation stack is the part of ROS, which can help to program robot movements. Functions take in information from odometry and sensors and output velocity commands that are sent to a mobile platform. As sensors we can use laser scanners, ultra-sonic sensors, Microsoft Kinect and ASUS Xtion. Navigation stack functions fulfill two main tasks such as local and global planning connected with each other. In global planning as input we have coordinates of the goal, the current coordinates of robot, as output – the shortest way to the goal. In local planning the robot chooses velocity directions that are optimal at each moment of time. Local planning functions divide the map into high-resolution grid, the cells of which can be permitted (when the way is free) and forbidden (when there is an obstacle) for movements (Fig. 2).

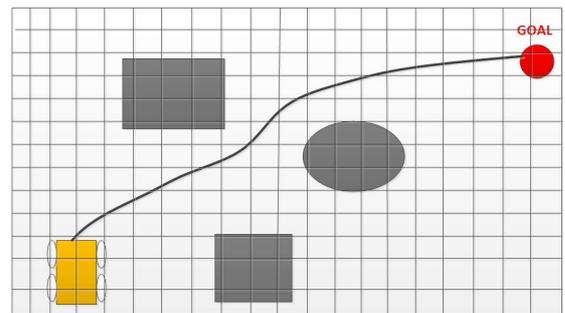


Fig.2 Conception of local planning

However, transition to plan the robot way is possible when the robot has the goal of movement. In our case, it is a detected object. For this task we use Microsoft Kinect sensor mounted on the robot.

Use of Kinect and Point Cloud Library (PCL) to detect objects

The PCL is a library for 2D/3D image and point cloud processing. It is useful to fulfill our task because with the help of it we can process data obtained by Kinect sensor. For Kinect's depth camera the map is only one large cloud of points. The aim is to determine

objects on the map and transmit their coordinates in Cartesian space to the main program. To perform this, the following important steps should be done:

- a) Detection of floor and walls. To do this, we should find point clouds that are large planes. Algorithms of planes allocating are based on detecting the points that belong to the same line. Plenty of such lines give us a plane.
- b) When wall and floor point clouds are deleted from the map we should find clouds where points are located closely to each other and unite them into clusters (the process is called *clustering*, the work result of which is shown on Fig.3).
- c) Identification of each cluster's centers by calculating the average center of lines in cluster.
- d) Transmitting these coordinates to the main program.

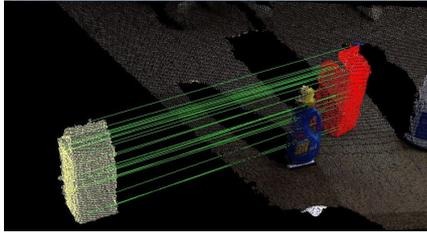


Fig. 3 Result of clustering

Inverse kinematics and Denavit-Hartenberg parameters to manipulate objects

To use the gripper for manipulating objects we should know gripper's coordinates in world coordinate system that is connected in our case with the center of youBot's wheel base. To perform this we use Denavit-Hartenberg (DH) conversion that allows us to find out gripper's coordinates using manipulator with any number of degrees of freedom. With each joint its own coordinate system is associated. In the transition from i -system to $(i+1)$ -system we should create a conversion matrix

$$A_i = \begin{pmatrix} \cos \theta_i & -\cos \alpha_i \cdot \sin \theta_i & \sin \alpha_i \cdot \sin \theta_i & a_i \cdot \sin \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \alpha_i \cdot \cos \theta_i & -\sin \alpha_i \cdot \cos \theta_i & a_i \cdot \cos \theta_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & S_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

where θ_i is the angle of rotation around Z-axis, α_i is the angle of rotation around X-axis, a_i is translation along Y-axis and S_i is translation along Z-axis.

As a result, we obtain the final matrix, the last column of which contains the desired coordinates.

Inverse kinematics is calculation of joint rotation or translation angles (on youBot all joints perform a rotational movement) when we know coordinates of a manipulator in the world coordinate system. This is exactly what we need to perform the task to grip an object and move it to another place. As input we have coordinates of the goal and coordinates of the gripper in the same coordinate system. Using ROS functions and DH-parameters for this certain robot we control the movement of the manipulator as long as we obtain the

difference between desired and current position of the gripper equals to zero (with a small error).

Structure of ROS program

ROS programs use *nodes*, special functions, each performing a special task. Nodes communicate with each other with the help of topics, a common space for two or more nodes, where they exchange information. The node that "publishes" information into topic is called a *publisher*, whereas the node that "reads" a message, is called a *subscriber*. This conception is used in our program. Desired coordinates of the gripper are transmitted to the function that solves the inverse kinematics task that calculates joints angles. The *publisher* provides them to the *subscriber* with the help of a ROS topic. The subscriber plays the role of feedback in this system, where each time moment is compared with desired positions of joints with their current values. When the difference equals to zero the manipulator stops its movement, the gripper opens and grabs the object. After that, the loop begins again, because the next task is to move the object into another place.

When the program finishes, before using it with a real robot, ROS provides the possibility to test the program in *rviz* visualizer. 3D-model is identical to a real robot and such a testing allows the developer to check the correctness of joints angles calculations to avoid any damage of hardware.

The program created by our team is written in C++ but ROS allows the developer to use other programming languages, for example, Python. It should be also noted that ROS supports integration only with Unix-systems.

Conclusion

The described above work has been done using hardware and software provided by Bonn University of applied sciences. The work results are really important since such intellectual algorithms of the robot's performance will be the future for autonomous systems development. With the information about environment due to plenty of different sensors we will use genetic algorithms or artificial neural networks for navigating and apply such programs on more advanced manipulators to interact with differently shaped and sized objects as well.

References

1. Industrial robots: kinematics, dynamics and control, Bulgakov A.G., Solon-Press, 2007.
2. ROS Wiki [Internet resource], Access mode: <http://www.ros.org/wiki/> - free.
3. PCL – Point Cloud Library [Internet resource], Access mode: <http://www.pointclouds.org/> - free.
4. KUKA youBot – a milestone for education and research in mobile manipulation, R. Bischoff, KUKA Laboratories GmbH, Augsburg, 2011.
5. Controlling robots and robotic systems, Shagin E.S., Ufa, 2005.

THE DEVELOPMENT OF AUTOMATIC CONTROL DEVICE FOR TRACK-RAIL LUBRICATION

P.A. Rybalko, Y.A. Chursin

Scientific advisor: Y.A. Chursin, Language supervisor: S.S. Budkova
Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenin Avenue 30
E-mail: Paul.Rybalko@gmail.com

Due to the dynamic growth of passenger and freight transport by means of the railway, wear was increased and the life of rails and wheel sets were reduced. Lubrication in the contact wheel-rail friction coefficient decreases by 5-6 times, and also reduces the specific wear of wheels and rails. In this regard, there is the urgency of developing and creating travel-rail lubrication.

The aim of the work is to develop a device manipulated by a modernized fixed track rail lubricator.

While working we need to increase the performance of the system, creating a link with the operator of GSM-channel and implementation of noise protection.

To achieve the goal functional and schematic diagrams of the control device were developed; electronic components and the algorithm operation were designed. Communication with the operator has also been implemented by means of GSM-modem via RS-485 with galvanic isolation. Converter UART/RS-485 (it has galvanic isolation) organizes the data transfer between the microcontroller and the modem.

Common type of stationary track rail lubricator consists of two assemblies - lubricating device and the cabinet (see Figure 1). Lubricating device has two proximity sensors detect wheel and nozzle metering with electro pneumatic valve. The cabinet includes a gas cylinder with a pressure regulator, grease reservoir, an electronic control unit and the electric battery.



Figure.1. Node of lubricating device and cabinet.

Lubricator track can be represented schematically in Figure 2. When sensor is activated, located directly on the rail, the signal goes to the controller. The algorithm implemented in the controller generates a control signal to the actuator. The actuator delivers lubricant to lubricating element of the rail.

Controller configuration and statistics are kept by GSM-channel.

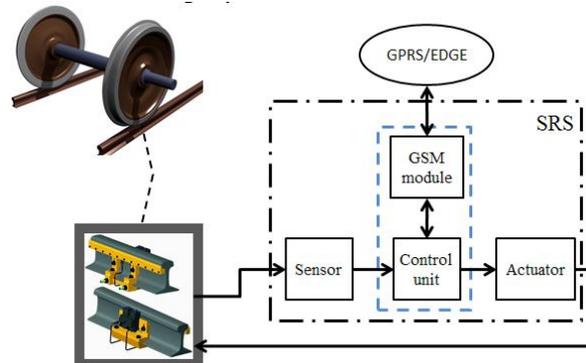


Figure.2. Scheme of track rail lubricator.

The basis of the control device is a microcontroller. You must choose a microcontroller with the following key features:

- speed;
- presence ADC;
- presence of serial interface UART;
- low cost

Microcontroller STM32F103S was selected. It is based on a 32-bit ARM by STMicroelectronics because it has necessary characteristics and economic benefits.

GSM-modem was selected and connected to exchange information with the operator. The modern market for industrial GSM-modem is very wide. The main criteria in the selection of the modem were wide operating temperature range, accessibility and quality.

The choice was made in favor of the company AnCom modems with the following characteristics:

- operating temperature range from -40 to +70;
- low cost;
- flexible configuration;

There are several ways of interfacing to a modem AnCom. They are:

Mode SOCKET

The main purpose is easy replacement of wired communication systems through a dedicated line between two points. This mode is not used as allows for the data channel, only between two nodes.

CSD mode

The main purpose is easy replacement of wired transmission systems switched network (Serial "call-up" sites from a central location or a fixed link between two objects).

Mode Internet_CSD_mode

This mode allows you to organize the central site based on GPRS without any additional modem.

This is an optimal solution for global dispatching systems, energy accounting, monitoring and

management of remote sites from a central location with a constant communication with all objects on the basis of GPRS / EDGE.

This mode is optimal for the organization of the link AB.

Then the algorithm of the control unit in the C language environment in IAR Embedded Workbench was made. The main functions of the program initializes peripheral devices: analog-to-digital converter, timer, general I / O and direct memory access. An infinite loop was implemented, inside which the signals from the sensors and digital signal are processing with analog transmitters of values. They are determined by the opening of the valve. After checking the condition lubrication and, if necessary, the corresponding control signal is applied. It starts the timer.

The timer is exposed on the time needed for lubrication, after which the valve closes.

Real-time clock implemented to collect logging and statistics.

External interrupt handlers register trigger dry contact. Then signals from priority sensors start processing.

When the signal comes, interrupt handler of UART processes the request and generates a response. [2]

This algorithm has a cycle time of less than a millisecond and high performance hardware. It allows us to state requirements for the speed controller.

This device was tested in the laboratory conditions. The tested device was connected as shown in Figure 3.

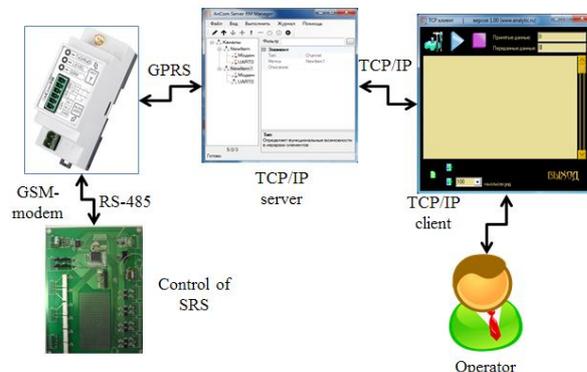


Figure 3. The scheme of the device is connected

AnCom Server Manager was set up in a computer with the Internet connection, makes the connection between the modem AnCom RM / S (is connected via

GPRS connection) and the control software presented TCP client (connected via TCP / IP protocol). In turn modem AnCom RM / S is connected to the means RS-485 to the control SPS. [3] Thus, the user can, giving the team a TCP client to configure and control the operation of a stationary track rail lubricator.

The main requirements for the device under test were reliable connectivity and performance. There were no errors in communication reliability throughout the experiments. All experiments were conducted without loss, no data was lost or corrupted. It was also reflected in the magazine AnCom Server Manager. It specified the exact date of sending and receiving messages, identifier of the remote modem, the volume of messages and data.

During our research the following was developed:

- functional schematic circuit device management AB

- the algorithm of operation of the device management, including the operation algorithm GSM modem

- fabricated and tested a prototype of the device, test it in the lab

During testing, the controller adequately responded to commands sent from a TCP / IP client and performed the operation algorithm as specified.

The further plan is to study the controller in the field conditions. If successful, we plan to produce an experimental batch.

This research was conducted in Tomsk Polytechnic University as a part of the state task "Science".

Literature:

1. E.V. ELISEEV, O.A. Pashentsev, A.I. Gosman, D.B. Konovalov. Lubrication system: effective reduction of wear http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/ZTU/2010_5/31-34.pdf

2. Goryunov A.G. Liventsov S.N. The implementation of the input and output signals in real time [electronic resource]: A manual for laboratory work on the discipline "Microprocessor Technology" and a course project for the subject "Electronics and Microelectronics" for students majoring FTF 200,600. - Tomsk, 2004.

3. Timothy Parker. Teach yourself TCP / IP: a guide for self-study: Per. from English. / T. Parker, ed. Tikhonov. - M. Bean, 1997

AUTOMATED DEVELOPMENT OF IMAGE CLASSIFICATION USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Sanzharova A.A.

Scientific supervisor: Belousov A.A., docent

Language supervisor: Deniko R.V., senior teacher

Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia

E-mail: anuter@mail.ru

Introduction

As the amount of stored data and difficulty of tasks increase, there is a need for automatic data processing and finding regularities, using both existing and absolutely new filters. Now the most important task for digital image processing is the task of classification and recognition.

Image classification method based on image content is the most interesting and meaningful for a human. With such a classification the following image classes such as landscape, still life, portrait, and many others can be determined. Each image has its own specifics and its exact characteristics that help to understand what genre it should be attributed to.

Automatic classifier of images by content can be used in information sources and search engines to find certain images.

To develop such an automatic classifier it is necessary to solve problems of development, validation and application of efficient numerical methods, algorithms and software, to determine features of an input image; estimate spatial position of an image, classify an image basing on its contour characteristics. Also it is necessary to learn the concepts and algorithms of artificial neural networks, to analyze and study data and apply it in practice.

Classifier (classifier) - in classification problems it is approximating function which determines to what class an object belongs. [1] In our case it will be an image classifier. In the work the landscape and portrait classes will be selected and analysis of image characteristics will be carried out.

The task of classification is as follows:

X is a set in which the description of objects is stored, Y - is a finite set of numbers belonging to classes. Between them there is a dependence – displaying Y^* : $X \Rightarrow Y$. Training set is presented by $X_m = \{(x_1, y_1), \dots, (x_m, y_m)\}$. Function f from the feature vector X is constructed. It gives the answer for any possible observation of X and can classify the object $x \in X$. This simple rule should work well on new data.

Neural networks in artificial intelligence are simplified models of biological neural networks. The

structure of the human brain is much more complex and therefore it is hardly possible to recreate it exactly. Training is one of the most important features of neural networks. This procedure, in the first place, leads to changing the "strength" of synaptic connections between neurons. Nowadays neural networks are one of the main trends of research in artificial intelligence. [2]

According to the ability to be trained, neural networks can be classified into:

- neural networks with supervised training;
- neural networks with unsupervised training.

Training is carried out on the basis of environment data and, as a result, the accuracy of a neural network work and output of correct results increase. The mechanism of training itself lies in an interactive process of adjusting the weights of synaptic connections and thresholds. In the ideal case, a neural network learns something new about an environment at every iteration of a training process. For the proper work of a classifier, it is necessary to determine which characteristics can be used for comparing classified objects. This article explores the applicability of two criteria for the task:

- edge points;
- the average brightness of the images.

1) Selection of edge points.

To find the edge pixels, for example, one can use any gradient operator. Several gradient operators were proposed. Many edge detection algorithms calculate, first of all, a horizontal gradient image $g_{horizontal}(m, n)$, and a vertical gradient image $g_{vertical}(m, n)$ using a gradient operator. Then a gradient amplitude image $g(m, n)$ can be calculated as follows:

$$g(m, n) = |g_{horizontal}(m, n)| + |g_{vertical}(m, n)|$$

Finally, to find the edge pixels a gradient amplitude image is processed with a help of a threshold operation. In other words, pixels, in which amplitude of a gradient exceeds the threshold, are considered as edge pixels. [3]

For the research a set of images of 50 * 50 pixels will be used. The set includes 10 of each class. For a start the values of parameters selected for studies will be calculated. The results of calculation of the number of edge pixels are shown in Table 1.

Table 1.
Research results.

Image number	Portrait (the number of edge points)	Landscape (the number of edge points)
1	178	87
2	272	98
3	198	115
4	205	82
5	214	97
6	174	79
7	194	69
8	291	74
9	202	74
10	234	65

According to the obtained values it can be said that this characteristic can be used to clearly divide the images of these two classes. The number of edge points in a portrait greatly exceeds the number of edge points in a landscape.

2) Comparison of the average image brightness.

To calculate the average brightness of an image it is possible to use an integral representation of an image.

Integral representation allows to quickly calculate the total brightness of arbitrary rectangle, and the calculation time is independent from the area of a rectangle. [4]

The integral representation of an image is a matrix whose dimensions are equal to the dimensions of an image. Each of its elements store the sum of all pixel intensities that are situated to the left and above an item. The matrix elements are calculated using the following formula:

$$H(x,y) = \sum_{i=0, j=0}^{i=x, j=y} I(i,j)$$

where $I(i, j)$ - the brightness of a pixel of an image.

Each element of $H[x, y]$ matrix is the amount of pixels in a rectangle from $(0,0)$ to (x, y) . Matrix calculation takes linear time that is proportional to the number of pixels in an image.

The calculation of a matrix can be performed according to the recurrence relation:

$$H(x,y) = I(x,y) + H(x-1,y-1) + H(x,y-1) + H(x-1,y)$$

All the components for calculation are stored in the integrated matrix. Calculation includes accessing

an array four times and three arithmetic actions. Using this method, it is possible to obtain the following results.

Table 2.
Comparison of the average image brightness.

Image number	Portrait (brightness value)	Landscape (brightness value)
1	157	148
2	152	121
3	154	133
4	128	170
5	177	198
6	133	160
7	48	172
8	146	170
9	139	171
10	154	162

Comparing these values it is possible to say that the data are different, but it does not produce any specific features. The values of both classes range from 48 to 198.

Conclusion

A comparison of two image classes was carried out. Using edge point selection it is possible to produce a training set for our classifier, since the values of classes are grouped into different intervals. Using the average luminance as an input for a neural network is impractical, because its values for different classes overlap.

References

- 1) Mestetskiy LM, "Mathematical Methods in Pattern Recognition", Moscow State University, Computer Sciences, Moscow, 2002-2004., P. 42
- 2) Artificial intelligence portal. <http://www.aiportal.ru/articles/neural-networks/neural-networks.html>
- 3) Rekomendatsiya MSE-RBT.1908. Methods of objective measurement of image quality for broadcasting applications using HDTV in the presence of the reference signal degradation. Geneva 2012., P.6
- 4) Gonzalez P., R. Woods, Digital Image Processing. - Moscow: Technosphere, 2005. - P 1072

THE DEVELOPMENT OF PROGRAM LINKS PRESENTATION OF OPERATING SYSTEM IN THE STATE SPACE

Petr V. Sidelev, Sergey S. Mikhalevich

Supervisor: Sergey S. Mikhalevich, engineer.

Language advisor: Svetlana S. Budkova.

National Research Tomsk Polytechnic University: 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30

E-mail: sidelevpetya@mail.ru

For a long time in the field of automatic control great attention has been paid to the description of dynamic systems using state space. A similar trend can be observed in other applications of systems theory. Management methods based on frequency analysis, algebra of transfer functions, Laplace transformation and z-transformation, which can be regarded as classical, play a significant role in the development and application of control theory and optimization in related fields. Due to their simplicity and clear communication with the physical reality they seem to maintain its place among the modern methods of describing dynamic systems in future. However, the classical methods can not maintain its position in solving multidimensional and complex systems, where they often fall short solely because of the computational difficulties, while the state-space methods allow a precise formalization and automation of the calculation procedures [1].

The advantages of the state space method are a unified language and the ability to easily control problems in multidimensional systems, asynchronous tasks and periodic quantization.

Description of the systems in the state space can detect and analyze such properties that use classical methods of frequency analysis and the description in terms of the "input-output" would have remained hidden. Matrix form, used in the method of the state space has a distinct advantage in the numerical solution, and clarity of mathematical language and the decisions themselves are not getting worse, even for multi-dimensional equations describing the behavior of complex industrial systems [2].

Motion of the system in state space reflects the change of its states over time. Due to this property, the system can be analyzed not only as in-out, and to change the individual states.

To describe the behavior of the object in the state space the model of a dynamic system is created, including a set of input, output variables and conditions associated with each of the first order differential equations, which are written in matrix form. In contrast to the description in the form of the transfer function and other methods, the application of the method of the state space is not limited to linear systems [3] and zero initial values.

The paper presents the mathematical apparatus of the state space method. Moreover, the sequence of mathematical representations of differential equations, describing the motion of the object, as well as the stages of program implementation of the resulting mathematics are given here.

For a linear continuous system described by a system of ordinary differential equations, the equation of state can be written as [4]:

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= A(t)x(t) + B(t)v(t) \\ y(t) &= C(t)x(t) + D(t)v(t)\end{aligned}$$

where $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$ and $D(t)$ are in general matrices with time-varying elements, and

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, v = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_m \end{bmatrix}, y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_p \end{bmatrix}.$$

In general, the block diagram corresponding to these equations is shown in Figure 1.

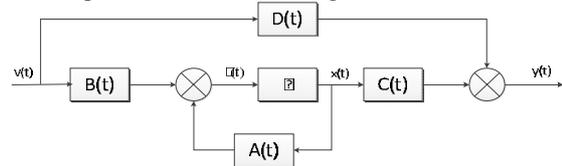


Figure 1 - Block diagram of a linear continuous system

The matrices A , B , C , D are given by:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -\frac{a_0}{a_n} & -\frac{a_1}{a_n} & \dots & \dots & -\frac{a_{n-1}}{a_n} \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 1 \\ \frac{1}{a_n} \end{bmatrix},$$

$$C = \left[b_0 - \frac{a_0}{a_n} b_n \quad \dots \quad b_{n-1} - \frac{a_{n-1}}{a_n} b_n \right],$$

$$D = \frac{b_n}{a_n},$$

where a_n и b_n are coefficients of the transfer function of the system.

$$W(s) = \frac{b_n s^n + b_{n-1} s^{n-1} + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0}$$

For a discrete continuous system equations are written as a system of linear difference vector equations:

$$\begin{aligned}x[(k+1)T] &= A(kT)x(kT) + B(kT)v(kT), \\ y(kT) &= C(kT)x(kT) + D(kT)v(kT).\end{aligned}$$

where $A(kT)$, $B(kT)$, $C(kT)$, $D(kT)$ - time-varying matrix. General block diagram of a discrete system, similar to the block diagram of a continuous linear system is shown in Figure 2.

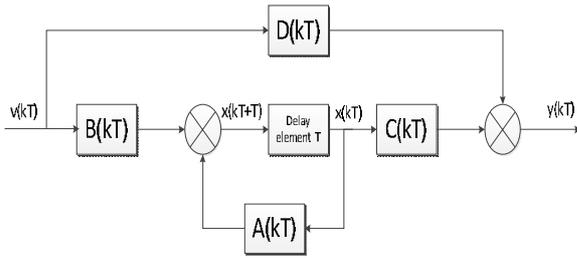


Figure 2 - Block diagram of a linear discrete system

The matrices A, B, C, D are given by:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ -\frac{a_n}{a_0} & -\frac{a_{n-1}}{a_0} & \dots & \dots & -\frac{a_1}{a_0} \end{bmatrix},$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 1 \\ a_0 \end{bmatrix},$$

$$C = \left[b_n - \frac{b_0 a_n}{a_0} \quad \dots \quad b_1 - \frac{b_0 a_1}{a_0} \right], \quad D = \frac{b_0}{a_0}.$$

To develop a program submission links control systems in state space the transfer function of a discrete system, the PID controller and the transfer function of a continuous system were selected respectively.

$$G_{\text{ПИД}}(z) = \frac{K_R(z^0 - z^{-1}) + K_R \frac{T_C}{2T_I}(z^0 + z^{-1})}{1 - z^{-1}} + \frac{K_R \frac{T_D}{T_C}(z^0 - 2z^{-1} + z^{-2})}{1 - z^{-1}},$$

$$W(s) = \frac{(5s + 3)e^{-10s}}{30s^2 + 46s + 8}.$$

These systems are connected in series (Figure 3). The input of the discrete system is fed a constant signal to 1. The output of the system was a way out of a continuous system.



Figure 3 - The system under investigation

Package Matlab was used to develop the program.

The structure of the computer model in Simulink package is shown in Figure 4.

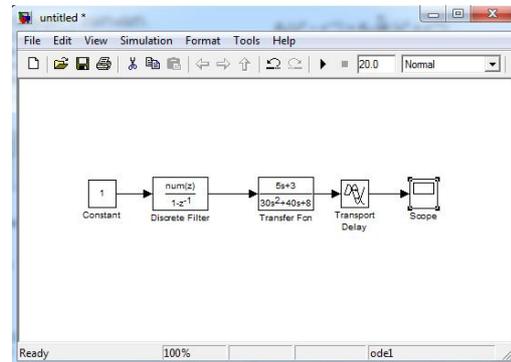


Figure 4 - The structure of the computer model

Graphical comparison of the results was carried out (Figure 5).

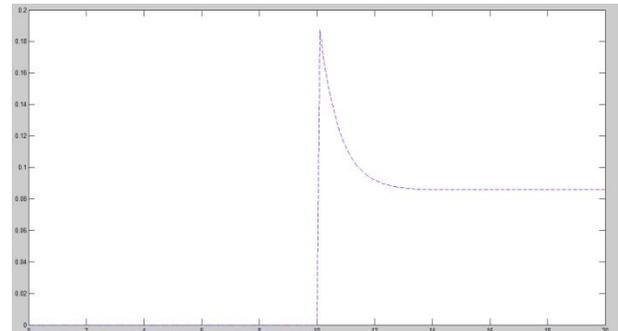


Figure 5- Graphical comparison of results

The result obtained coincides with the result obtained by using the model in Simulink. Consequently, a program of submission of links control systems in state space is efficient.

References:

1. Derusso P., Roy.R., Clouz C. The state space in control theory (for engineers). - Moscow: Science, 1970.
2. Strejc B. State space theory of discrete linear control / Translated from English. edited by Ja.Z. Tsyapkina. - Moscow: Science, 1985.
3. Vincent Verdult, Nonlinear System Identification: A State-Space Approach, Twente University Press, Enschede, 2002.
4. Mikhalevich S.S., Baidaly S.A., Chursin Ju.A., Simulation of automatic control systems using state-space // Industrial process control and controllers. - 2012. - № .8 - S. 23-28.

AUTHENTICATION BASED ON DIGITAL SIGNATURE ALGORITHM ON ELLIPTIC CURVE

Stankevich F.V.

Scientific adviser: Miroshnichenko E.A., cand. of tech. sc., docent
Tomsk Polytechnic University, 30 Lenina Str., Tomsk, Russia, 634050

E-mail: f.stankevich@mail.ru

Abstract

Security system is one of key parts of any information system. Secure authentication is the key to success security. The most popular method of user authentication is password authentication. But typical implementation of this method isn't secure. This paper describes more secure approach based on digital signature. The digital signature algorithm implemented according to standard GOST 34.10-2001 on the elliptic curve. By this way, we avoid the storage and transmission of confidential data.

Introduction

Information security is an activity to prevent information leakage, unauthorized and unintended access to the private information. One of the most important components is a secure authentication. There are several methods of authentication like password, biometric data and unique key. The most popular method is password authentication, because it is simple. However, password authentication has several known problems that are storage and transmission of password. To overcome these problems we can use Secure Sockets Layer (SSL) protocol, but it is quite expensive and not always appropriate. Nowadays many applications use an unsecure mode of password authentication. It may cause a violation of data integrity and confidentiality. So, we should create more secure approach of password authentication to enhance application security.

Methods

Let us consider the most popular authentication method. Typical implementation of the password authentication is based on a hash function. The hash value of password is stored in the database. A user sends password or its hash value to the server during the authentication process and the server compares two hash values to authenticate. Storing hash value instead the password allows to avoid theft, authentication data by unfair administrator or outside intruder. However, the password can be intercepted during the sending process, or hash function can be cracked and an outside intruder can get access to private data.

There are several ways to solve this problem. The first one is synchronous encryption. This is the simplest way and it doesn't require reregistration of users. It doesn't provide a high security but it is better than implementation which is based on the hash function only. The second one is "digest" authentication. It uses random numbers during the authentication process. It allows avoiding the password interception but the database still remains the weak point. And the third one is the

asynchronous encryption. It is more appropriate solution, because it allows avoiding sending and storing the original password.

To implement the solution with asynchronous encryption we propose to use GOST P34.10-2001 algorithm, because its reliability and performance is higher than the others (e.g. RSA and etc.). Let us consider the implementation of this solution. The registration process can be described in the following steps:

1. A user inputs an ID and a password.
2. A client generates a private key (m) from sum of an ID and the password through a hash function. The value of the hash function can be calculated with one of the popular algorithms, for example SHA-2 (Secure Hash Algorithm).
3. The client creates a public key $Y_U(x_U, y_U)$ which calculated as m -fold composition of G -point on the elliptic curve $Y_U = [m]G$ or

$$Y_U = \sum_{i=0}^m G_i$$

where G is a generator of the elliptic curve that is the point on the elliptic curve with coordinates (x_G, y_G) , which satisfies the condition that the series $G, [2]G, [3]G, \dots, [n]G$ contains a whole set of the integer points on the elliptic curve, and n is the cardinality of the set of these points, and $[n]G = O$, where O is a point in the infinity.

The composition operation of G -point, i.e. $G + G$, is calculated according to the following formula:

$$k = \frac{3x^2 + a}{2y} \pmod{p},$$

$$x = k^2 - 2x_G \pmod{p},$$

$$y = k(x_G - x) - y_G \pmod{p},$$

where $Y = X^3 + aX + b \pmod{p}$ is the elliptic curve.

4. The client sends an ID and the public key to the server.
 5. The server saves the public key in a database.
- And authentication process can be described in the following steps:

1. The user inputs an ID and the password.
2. The client generates the private key from the sum of an ID and the password through the hash function.
3. The client receives a random number from the server and generates the own random number.

4. The client calculates the digest signature (r, s) from the sum of the server and the own numbers based on the GOST P34.10-2001 algorithm. The calculation process can be described in the following steps:

a) the client calculates the value of the hash function from the sum of the server and the own numbers;

b) the client generate a random number k , $0 < k < q$, where q is a large prime number which satisfies the equation $n = cq$, where c is a constant, n is the cardinality of the set of points on the elliptic curve;

c) the client calculates $P = [k]G = (x, y)$;

d) the client calculates $r = x \bmod q$ (if $r = 0$ return to b);

e) the client calculates $s = (kh + rx_U) \bmod q$ ($s = 0$ return to b).

5. The client sends an ID, the digest signature and the own random number to the server.

6. The server verifies the digest signature with the public key stored in the database. The verification process can be described in the following steps:

a) the server calculates the value of the hash function from the sum of the server and the own numbers;

b) the server checks that $0 < r, s < q$;

c) the server calculates $u_1 = s \cdot h^{-1} \bmod q$ and $u_2 = -r \cdot h^{-1} \bmod q$, where h^{-1} is the number which satisfies the equation $hh^{-1} \bmod q \equiv 1$;

d) the server calculates the composition of points on the curve $P(x, y) = [u_1]G + [u_2]Y_U$, if $P = O$ the server rejects the signature;

e) if $x \bmod q = r$ the server accepts the signature, otherwise rejects it.

The registration and authentication process are illustrated on the following diagrams:

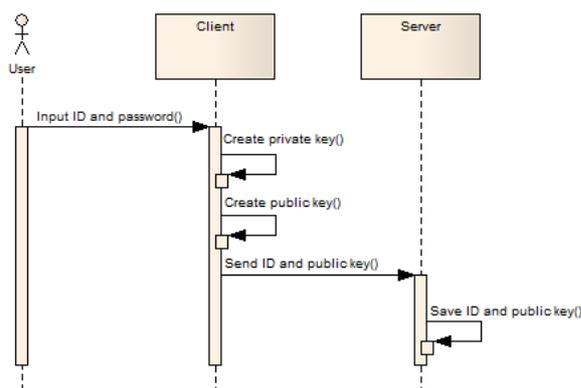


Figure 1. The authentication process diagram

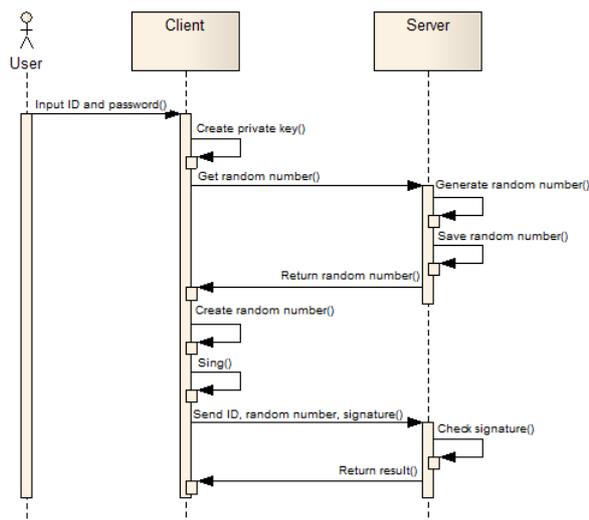


Figure 2. The registration process diagram

This approach is used in electronic keys, for example, USB-tokens and provides a good level of security, because to crack it we should crack GOST P34.10-2001 algorithm which complexity grows exponentially.

Conclusion

The article addressed the criteria of choice towards safe authentication method. It included the review of existing authentication methods and the analysis of their shortcomings. In the article it was stressed that the password authentication is the most popular method due to its simplicity. The typical implementation of it isn't safe therefore we proposed the approach based on asynchronous encryption which more reliable than the typical implementation. This approach based on the reliable algorithm GOST 34.10-2001 and allows avoiding sending and storing the password. The proposed approach will improve application's safety generally, because authentication is the foundation of the security system.

References

- Сухов Е. (nd). 'Аутентификация на базе ЭЦП'. Хабрахабр. <http://habrahabr.ru/post/123372>. Accessed 13 December 2012.
- Рябко Б. & Фионов А. (2010). 'Основы современной криптографии и стеганографии'. (Vol. 232). Moscow: Горячая Линия-Телеком.
- Баричев С., Гончаров В. & Серов Р. Е. (2002). 'Основы современной криптографии'. (Vol. 175). Moscow: Горячая Линия-Телеком.

EQUIPMENT MONITORING SYSTEM

D. Cherepanov

Scientific supervisor: A. Savelyev., P.G.

Tomsk polytechnic university, 30, Lenin Avenue, Tomsk 634050, Russia

E-mail: chrd@bk.ru

Currency

(Problems in equipment monitoring)

Possession of equipment like possession of anything is supposed to be controlling. Controlling on equipment implies check of availability, position, state, guarantee, level of usage and so on. But now such controlling is connected with some difficulties in many companies. Often paper documents are used. And it takes much time to do any request like checking availability or getting information about guarantee, location, owner and so on. Often the way of doing it is not as convenient as people want it. In case company is quite big, that means it has many division or equipment units, equipment monitoring is getting more difficult. There may be more than 100 equipment units for 1 responsible person. Moreover this equipment can be owned by another person. It means formal accounting doesn't reflect the actual situation. Complication of monitoring is that there are many states of equipment. State depends on stage of life cycle and state's attributes in 1 state. Let us have a look at life cycle of equipment.

Life cycle of equipment

First company which wants to buy equipment announces tendering. Then winner of tender delivers equipment. Then equipment is registered. Then equipment is put into operation. Then it is used. At the end equipment is struck off the register.

Often to solve the task of equipment monitoring the "accountant's approach" is used. But it includes only 2 stages: registration of equipment and striking off the register. For better monitoring it needs reflection in system as many processes as it's possible. That's why it needs the system supporting all stages. Let us have a look at the existing systems.

Existing technical solutions

Criteria were got for evaluating the existing technical solutions. Criteria were based on tasks of life cycle's steps. Those are history (logging) of equipment, statistics, visualization, information support of each life cycle's stage., search in database, report service, web-interface and reminder of equipment events.

3 solutions have been found in the internet:

Irwin invent[1], 1C: Учет оборудования[2], Simple Soft: computer monitoring[3].

Each found solution has their own features:

Irwin invent is specialized in networking. Supports history, life cycle, search in db, report service, reminder.

1C: Учёт оборудования supports life cycle, search in database. But it is specialized in barcodes.

Simple Soft is specialized in computers. Supports search in db, reminder.

There is no system which covers all criterions. So it's reasonable to make system covering more people's demand. So it would be more useful and demanded. Creation system demands knowledge of system requirements and user groups.

Table 1. The existing solutions

	History of equipment states	Statistics	Visualization	Life cycle	Search in DB	Report service	Web - interface	Reminder of equipment events
IRWIn Invent(Only for networking)	-/+	-	-	+	+	+	-	+
1C: Учёт оборудования barcodes.	-	-	-	+	+	-	-	-
SimpleSoft: Computer monitoring Only for computers	-	-	-	-	+	-	-	+
EMoSy(My future system)	+	+	+	+	+	+	+	+

System Requirements

The developed system has to give users such possibilities as:

- Storing information about equipment in DB
- User registration
- Granting users appropriate rights.
- Users authentication
- Web-access
- Support for data integrity (Only one user can change data at the one moment.)
- Simple user interface
- Access according to rights(Role).
- Reliability
- System must still be working with 100 users.
- Resistance to degradation. Performance of the system shouldn't decrease over time.

User groups (Roles)

Here are user groups and their main functions.

Administrator:

Person who monitors and controls the system.

Owner:

Person who possesses equipment without a broker.

Responsible person:

Person who is responsible for equipment. In company documents this person is marked as responsible person.

Spectator:

Person who can watch the activity of several people (associated list) and their equipment.

Application Architecture

“Accounting department” with its self or with “administrator” adds information about equipment using either “Sql stream import” or “Interface for adding data”. All information is stored in data base. Access to the data base can be got via web-application. Web front end includes 4 interfaces.

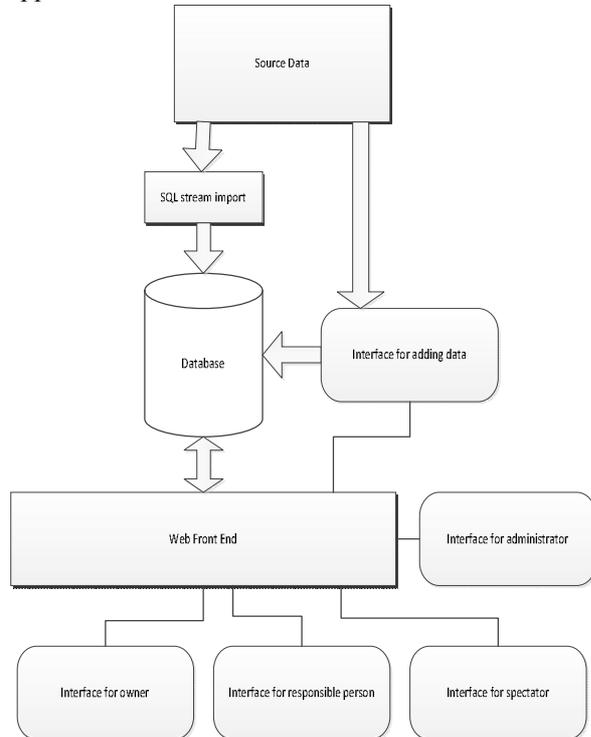


Fig 1. System structure.

Description of the interfaces:

-Interface for adding data.

Allows to add new equipment in data base or to change stage of life cycle. Scanned document can be load for each stage to prove that equipment is at this stage.

-Interface for “owner”

Allows to view information about equipment, registered for this “owner”. Allows to search with parameters among the equipment registered for this “owner”.

-Interface for “Responsible person”

Includes interface for “owner”. Allows to see history of owners.

-Interface for “Spectator”

Allows to view information about equipment registered for “Responsible persons” associated with this “Spectator”.

-Interface for Administrator

Allows to grant users rights. Allows to register new users. Includes interface for adding data. Includes interface for “spectator”.

It should be noted that the structure is not static and may be modified in the future.

Conclusion

The future system is intended to satisfy requirements of users, to cover all life cycle, to cover fields that are not covered by existing systems.

At the present situation big part of system is realized. That is interfaces for “owner”, “responsible person”, “administrator”. The rest is interface for “accounting department”, statistics possibilities, visualization. You can see in Figure 2 screenshot of one page.

Item Key	ItemName	ItemNumber	ItemShort	life	Division	StoragePlace	Address
147	"Автоматический пункт: "Автоматическое рабочее место абонента" 101040020741"	101040020741	МТРАБ	уличный	ИЭС	кв-212	свердловск 212
148	"Автоматический пункт: "Автоматическое рабочее место абонента" 101040020744"	101040020744	МТРАБ	уличный	ИЭС	кв-212	свердловск 212
149	"Автоматический пункт: "Автоматическое рабочее место абонента" 101040020757"	101040020757	МТРАБ	уличный	ИЭС	кв-212	свердловск 212
150	"Автоматический пункт: "Автоматическое рабочее место абонента" (конфигурация 1) 101040020754"	101040020754	МТРАБ	уличный	ИЭС	кв-212	свердловск 212
151	"Автоматический пункт: "Автоматическое рабочее место абонента" (конфигурация 1) 101040020755"	101040020755	МТРАБ	уличный	ИЭС	кв-212	свердловск 212
152	"Автоматический пункт: "Автоматическое рабочее место абонента" (конфигурация 3) 101040020756"	101040020756	МТРАБ	уличный	ИЭС	кв-212	свердловск 212
153	Беспроводной блок SAGI LITE 101040021155	101040021155	МТРАБ	уличный	ИЭС	кв-212	свердловск 212
154	Датчик Радар LFR-0862 4GB 101040021048	101040021048	МТРАБ	уличный	ИЭС	кв-212	свердловск 212
155	Портативный приемник H3431BT 4X 7740 101040008560	101040008560	МТРАБ	уличный	ИЭС	кв-212	свердловск 212
156	Классификатор DCE-SRABE 101040021870	101040021870	МТРАБ	уличный	ИЭС	кв-212	свердловск 212
157	Комплекс оборудования подвижные объекты 101040021884	101040021884	МТРАБ	уличный	ИЭС	кв-212	свердловск 212

Fig 2. Screenshot.

The structure of system is built in the way new modules can be added. There are many directions to go to. That is rating of suppliers, rating of equipment, levels of usage of different equipment, this system can be developed as 1 system for several companies with web access.

References

- [1] Tecom group's site. URL: http://www.tecomgroup.ru/info/systema_ucheta_ir_win_portov/
- [2] IC's site. URL: <http://www.ic.ru>
- [3] SimpleSoft's site. URL: <http://www.simple-soft.ru/>

ALGORITHM AND SOFTWARE FOR SYNTHESIS OF A CONTROLLER WITH QUASI-MAXIMUM DEGREE OF STABILITY AND SPECIFIED OSCILLATION

Chetverikov M.A., Pushkarev M.I.

Scientific advisor: Pushkarev M.I., teaching assistant

Linguistic advisor: Deniko R.V., teacher

National Research Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30

E-mail: mixcet@gmail.com

1 Introduction

Most modern automated control systems use controllers that control one or more process parameters (such as temperature, pressure). Controls are used to improve product quality, profitability, safety. Therefore, a question about their design and adjustment becomes relevant.

A lot of linear automatic control system synthesis principles have been developed. They allow choosing a reasonable structure and parameters to provide some specified requirements for system performance [1-2]. Performance indices can be divided into four groups: frequency, time, root and coefficient, defined by a transfer function coefficients set. The analysis of system synthesis principles shows that it is desirable to have simple analytical or graphical relations that provide an easy link between automatic control system performance indices and required controller parameters. Such relations are difficult to obtain for frequency or time performance indices except for simple cases. It's much easier to solve a controller parametric synthesis problem on the basis of root approach or using coefficient methods.

2 Problem formulation

The maximum degree of system stability is one of the most widespread criteria when designing an automatic control system. It is known that systems designed according to this criterion have a higher performance, a smaller overshoot and a higher degree of stability [3]. Let's consider an algorithm, which is based on coefficient estimation of stability indices. They provide an opportunity to perform controller synthesis with various criteria (preset accuracy, degree of oscillation, degree of stability). Coefficient methods allow obtaining approximate but rather simple relations which link (usually by some inequalities) random order automatic control system performance indices and required controller parameters.

Consider a standard model of an automatic control system with serial location of a controller and a plant. The transfer function of the plant and the controller are as follows:

$$W_P(s) = \frac{k_P}{\sum_{i=0}^z d_i s^i}, \quad W_C(s) = \frac{k_1 s + k_0}{s}$$

Thus, the characteristic polynomial of the control system is as follows:

$$A(s) = s \sum_{i=0}^z d_i s^i + k_P (k_1 s + k_0) \quad (1)$$

The task is to determine the values of adjustment parameters of the controller providing location of

characteristic equation roots in the truncated sector formed by a vertical line drawn through the point $(-3, j0)$, $0 < 3 < \infty$ and by the ray from the origin at an angle in which the root system should be placed.

3 Method of systems stability indices estimation coefficient

It is obvious, that when designing control system it is important to get not only a stable system but to provide specific system performance quality as well. From this point of view sufficient conditions of specified stability degree η offered in [1] could be useful.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{a_{i-1} a_{i+2}}{[a_i - a_{i+1} (n-i-1)3][a_{i+1} - a_{i+2} (n-i-2)3]} < \pi^*; \\ a_l - a_{l+1} (n-l-1)3 \geq 0, \quad l = \overline{1, n-1}; \\ a_0 - a_1 3 + \frac{2a_2 3^2}{3} \geq 0. \end{array} \right. \quad (2)$$

where $i = \overline{1, n-2}$; $\pi^* \approx 0.465$ - stability indices; 3 - stability degree; a_i, a_l - coefficients of the characteristic polynomial.

Fulfillment of conditions (2) guarantees characteristic polynomial (1) roots location on the left side of the vertical line going through the point $(-3, j0)$. Let's introduce the following designations:

$$\begin{aligned} \pi_i(3) &= \frac{a_{i-1} a_{i+2}}{[a_i - a_{i+1} (n-i-1)3][a_{i+1} - a_{i+2} (n-i-2)3]}, \\ f_l(3) &= a_l - a_{l+1} (n-l-1)3, \quad i = \overline{1, n-2}, l = \overline{1, n-1}; \\ g(3) &= a_0 - a_1 3 + \frac{2a_2 3^2}{3} \end{aligned}$$

Along with providing maximum system stability degree required oscillation must also be guaranteed. Let's introduce oscillation indices [2]:

$$\pi_i = \frac{a_i^2}{a_{i-1} a_{i+1}}, \quad i = \overline{1, n-1} \quad (3)$$

After expressing from (3) one of the coefficients of a PI controller, the solution of the synthesis problem is reduced to finding the second parameter of automatic control system:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_i(\bar{k}, 3) = \pi^*, \quad i = \overline{1, n-2}; \\ \lambda_j(\bar{k}, 3) < \pi^*, \quad j = \overline{1, n-2}, \quad j \neq i; \\ f_l(\bar{k}, 3) \geq 0, \quad l = \overline{1, n-1}; \\ g(\bar{k}, 3) \geq 0; \\ \pi_i(\bar{k}, 3) \geq \pi^*, \quad i = \overline{1, n-1}. \end{array} \right. \quad (4)$$

Solving the resulting system of equations $(n-2)$ times and calculating at each step the maximum value of 3 , it is necessary to select the maximum of them, that is $3^* = \max 3_i$. All the real parts of roots of a synthesized system will always be in the truncated sector formed by a vertical line drawn through the point $(-3, j0)$, $0 < 3 < \infty$ and by a ray from the origin at an angle in which the root system should be placed.

4 Software

The software package presented in this paper is designed in the Microsoft Visual Studio 2012 using C# (programming language) with Wolfram .NET/Link set of libraries. These libraries allow using a MathLink protocol which is designed for communication with computer algebra system Wolfram Mathematica. Capabilities of .NET/Link allows a programmer to write a high-level code for .NET Framework. The choice was driven by a small amount of code and high efficiency of Wolfram Mathematica.

The source interface of the program (fig. 1) is a field for displaying: a root plane, presenting pole decomposition of a synthesized system; a graph of the transient response of a system for assessing the quality of a system and synthesis results; text boxes in which one enters initial information about a plant and a sector in which it is necessary to place roots of a synthesized system.

Let's consider the work of the program. Let's suppose there is a plant with a transfer function

$$W_P(s) = \frac{b_0}{d_3 s^3 + d_2 s^2 + d_1 s^1 + d_0}, \quad \text{where}$$

$$d_0 = 1, d_1 = 0.65, d_2 = 0.034, d_3 = 0.003, b_0 = 1. \quad \text{PI}$$

controller parameters $W_C(s) = \frac{k_1 s + k_0}{s}$, which provide a quasi-maximum degree of system stability and location of system roots in the sector $p \pm \alpha \leq 30^\circ$, must be selected

It is necessary to input characteristic polynomial coefficients of a plant and required sector in the appropriate text boxes of the program and initiate calculation by pressing the left mouse button over the button «Compute». After some time interval, during which the software will do all the necessary calculations, the program window will take the form shown in the fig. 1.

Basing on work results of the program, it is clear that the roots of the system are located in the given truncated sector. The coefficients of the synthesized controller are under the graph of transition system specifications and are $k_0 = 8.7687$ and $k_1 = 3.14216$.

5 Conclusions

The result of this work is the software that allows you to carry out parametric synthesis of a PI controller basing on the proposed algorithms. The advantage of techniques, which are implemented in the software, is that maximum stability degree of a system is guaranteed by the location of roots in a given sector.

The effectiveness of designed software is confirmed by real use.

6 References

- [1] B.N. Petrov, N.I. Sokolov, A.V. Lipatov, "Control systems of plants with variable parameters: engineering methods of analysis and design", Moscow: Mashinostroenie, 1986. – p. 256. (in Russian)
- [2] K.A. Pupkov, N.D. Egupov, "Methods of classical and modern theory for automated control", Moscow: Bauman Moscow State Technical University, 2004. – p. 616. (in Russian)
- [3] M.I. Pushkarev, S.A. Gaivoronsky, "Bulletin of the Tomsk Polytechnic University", Tomsk: TPU, 2012, No.5. – p. 85-89. (in Russian)

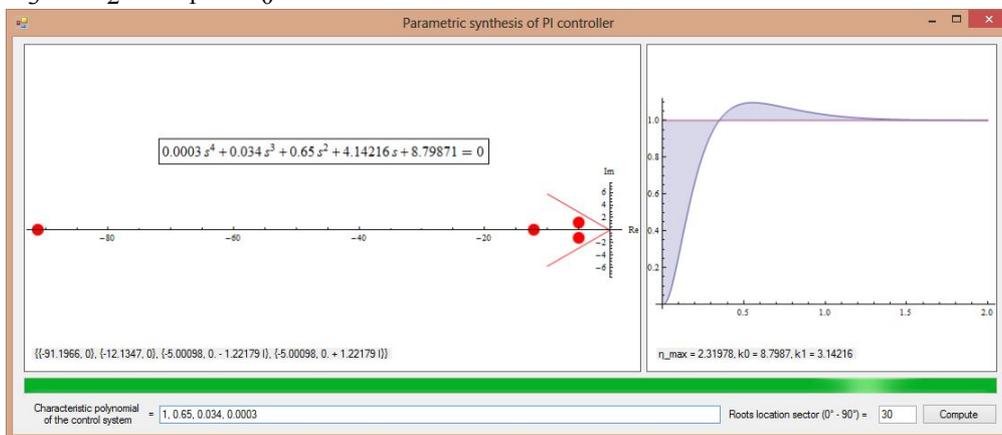


Figure 1. Results of software implementations

STEGANOGRAPHY USING VOIP

A.N. Roldugin, N.O. Shantaev

Scientific adviser: R.V. Mesheryakov., Ph.D.

Language adviser: Morozov V.S., senior teacher

Tomsk Polytechnic University, 634050, Russia, Tomsk, Lenina street, 30

E-mail: shantaevnursultan@gmail.com

This article will describe the possibilities of Steganography over VoIP and a method of hiding information that has not been developed yet. Steganography is an art and science of writing hidden messages in such a way that no one suspects the existence of the message. VoIP or IP telephony is a real-time service, which allows users to make calls via Internet networks. One of the most popular VoIP services today is Skype. The service is remarkable not only because of its popularity, but also for safety, because Skype is a closed source software that provides an encrypted voice and video communications over the Internet between computers (VoIP). Steganography over VoIP is more attractive for scientists than other types of steganography. The main reasons for that are: ^[1]

- Wide use of VoIP;
- Huge amount of data transmitted by VoIP;
- High bandwidth for transmitting and hiding data;
- Use of different protocols.

Methods of steganography, which can be used in telecommunication networks, are called network steganography methods. This term refers to the methods of hiding information in any layer of the TCP/IP stack protocol. Most methods of network steganography cover all levels of the TCP/IP stack. However, if we look at VoIP traffic, each method of steganography can be mainly attributed to one of the three groups ^[2] (Fig. 1):

- Methods based on modifications of the PDU protocol - network protocol headers and payload area;
- Methods that change PDUs' time relations;
- Mixed methods that use both headers and PDUs' time relations.

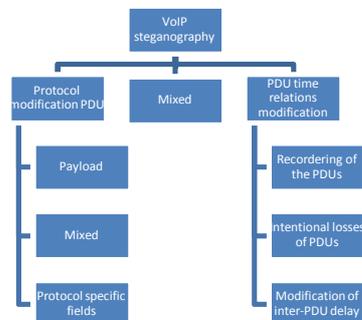


Fig. 1. Steganophony classification

A method has been developed that would allow us to transmit hidden messages in real time over VoIP.

Our proposed algorithm is to transfer a specific sequence of zero bits at a certain time interval. The total length of sequences and distances between bit sequences is encrypted. The algorithm includes three versions of transmitted data:

1. Package carrying "0" bit;
2. Package carrying "1." bit;
3. Package that defines the end of the character.

Each encrypted package consists of two bit sequences, the first sequence being the identifying package that starts with the 100-th bit and continues to 600-th bit. This identifier indicates that the transmitted packet contains encrypted information. The second sequence determines the specific type of information. If the second sequence has a length of 400 bits, and a space between the identifier and the sequence is 200 bits, this package contains a "0." (Fig. 2)

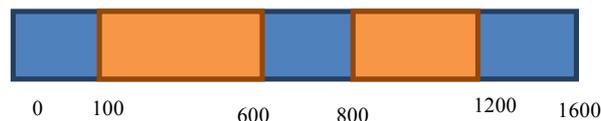


Fig. 2. "0" bit.

If the second sequence has a length of 400 bits, and a space between the identifier and the sequence is 600 bits, this package contains a "1." (Fig. 3)

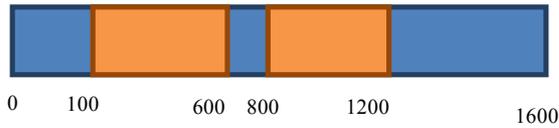


Fig. 3. "1" bit.

If the second sequence has a length of 800 bits, and a space between the identifier and the sequence is 200 bits, the package contains information about the end of the transmitted symbol. (Fig. 4)

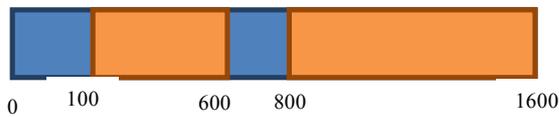


Fig. 4. End of the transmitted symbol.

This algorithm allows you to transfer up to 20 characters per second. The accuracy of the algorithm is 87.3%. During the conversation the sides do not notice the transfer of messages. Receiving and sending messages occur in real time, however, a decoding of messages occurs only after the end of a call.

For each bit of voice data, algorithm finds the sum of the deviations from the previous level of voice data for n.

$$X_i = \sum_{j=i}^{i+n} |X_j - X_{j+1}|$$

To find the identifier is used n = 250, to find the bit "0" and "1" n = 200 and for the separator, we use n = 400.

Based on this algorithm, software was developed.

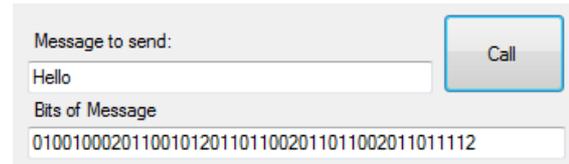


Fig. 5. Sender side software

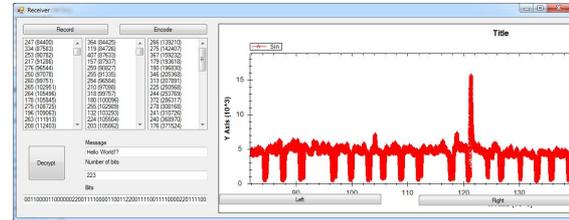


Fig. 6. Receiver side software

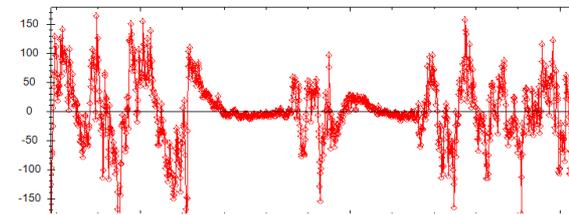


Fig. 7. Hidden bit

In general, the more hidden information is inserted into the normally transmitted data, the greater the chance it will be detected. But because the number of steganographic methods is large, and there is no single method to detect them, so steganography in VoIP should be considered a threat to public security.

At the end of this work, it is clear that VoIP stream is a very interesting and promising area to hide secret data within especially because of its real-time nature and the huge amount of data that can be hidden.

REFERENCES

- [1] Mazurczyk, W., **VoIP Steganography and Its Detection – A Survey**, NY (USA), published on 20 March 2012
- [2] W. Mazurczyk, P. Szaga, K. Szczypiorski, **Using Transcoding for Hidden Communication in IP Telephony**, NY (USA), published on 4 November 2011

E-SHOP CONTENT MANAGEMEBT SYSTEM'S MARKET RESEARCH

Y.O. Shutova, A.N. Vasilyeva

Scientific adviser: A.A. Vichugova, lecturer

Tomsk Polytechnic University, 634050, Russian Federation, Tomsk, Lenina Street, 30

E-mail: jshutova91@gmail.com

Introduction

Nowadays most of the companies have websites with a constantly changing content. You have to revise existing pages as new pages go up, new sections are supposed to be added and a lot of more changes are supposed to be done. The list is endless. One should note here, that sometimes such tasks can be a real headache. But the good news is that the CMS is here to rescue.

A content management system or CMS – is a computer program, which is used in order to help users to publish, edit and also modify the content by means of central interface. CMS platforms allow workers to centralize three main components, namely, data editing, publishing and modification on a single back-end interface.

The issue of this article is the content management systems, namely, the CMS platforms, which are intended for building and managing different online stores.

The first thing that needs to be said in support of using CMS is that, whether you are dealing with managing the web presence of a small, big or growing medium sized business company, it is clear that your benefit depends on the content management system you use. It is undeniable that using a CMS gives your company one of those “win-win” situations that normally all businessmen hope to find when running a business. The only problem is that there are numerous content management systems available to use. Some are quite similar to each other, while the others can ensure the availability of unique features.

Thus, the aim of the research is to systematize a presented information concerning CMS and reveal the advantages and disadvantages of the platforms. The topicality of the theme of the research consists in the following: there is no structured statistic, which covers a wide range of managing platforms. Precede from the aim of the research the following task are being given:

1. The analyzing the main features of different CMS platforms.

2. The tailoring of the list of main features of CMS for different situations.

Seeing the forest for the trees

One cannot deny that the key to the success, which can help you to evaluate your options, is the establishment of the set of consistent criteria, by which to estimate the platforms. Here is our list of the things to consider:

1. Mature and time-tested. The criterion is used to show how long has the platform been around and by which companies it is being used. As a time-proved examples of platforms are quite demonstrative.

2. Availability. To begin with, availability is, without a doubt, the thing worth paying attention to in the first place. One argument in support of it is the fact that not every company can afford to buy a platform. Moreover, it is noticeable that not often the premise, that the most expensive system is the best, is valid.
3. Usability. Whether the help documentation is available directly in the workflows or we can only get an access to it by means of a separate online manual. Whether the documentation is multi-lingual or not.
4. User friendly system. The system is required to be easy to administrate and for a non-professional it should be easy to work with.
5. Security. The question of information protection is very urgent nowadays. The limitations to the pages access should not be broken by the third party.
6. Templates and components. Is it necessary to make your already existing page templates accustomed to a specific format, or not. Is it easy to develop and implement new templates into the system, or not.
7. Search engine friendliness. Descriptive and fast links from the most search engines are better to be guaranteed by the platform. It makes your products one step closer to the summit of glory.
8. Excellent method for categorization of content. As you might already noticed, some sites are pretty looking but poorly organized, while some of them not so pretty but nicely organized. It is clear from these observations that your website should be not just good looking but also well-constructed.
9. Performance. It is all about how long it takes the CMS platform to inject information into your site. And whether it is possible to escape the browser's hangs or not.
10. Additional expenses. Some platforms require an access to the paid services, such as a support of WebMoney or a paid web-hosting.

Now, that we faced the most significant features of a system, lets look more closely at the content management systems.

Magento

The application was launched on March 31, 1998 and already has a good record among the world's most respected brands. The system is a perfect choice either for big companies or small businesses with big ambitions. The only minus is that a free version is quite limited and so, in order to be able to use full accessory set, you need to fork out money for it. But in most of the cases the ends justify the means: 24/7 technical support,

easy to find documentation, multi-lingual, user-friendly interface, guaranteed data security, easy to update in case of need.

osCommerce

Open source Commerce was started in March, 2000. Unlike Magento, it is available as free software. Among the advantages of the system there are such features as an easy installation process, which can be performed even by a non-professional, and regular updates. Service providers are ready to help at every stage of running. But, on the other hand, we can observe that the security module is underdeveloped.

VirtueMart

The system is also known as mambo-phpShop. It was released in 1997 and requires less technical knowledge. The big advantage of it is that it is free. What is more, you can easily transform your web site. A major drawback is the slow development of VirtueMart and a lack of advanced functionalities. Well, good news is that you can get paid extensions. To sum up, VirtueMart is faster and cheaper option for a small web shop.

ZenCart

It was started in 2003 as a fork of eCommerce. It is free, definitely strong and versatile shopping cart software. Easy to customize and install. It allows search engine optimization and can do automated tasks. Now, comparing it against Magento, it is necessary to mention, that if you want to use more advanced things by means of ZenCart in order to customize the system to the specific needs you will need to do much more core-digging. The other side of the coin is that if you need more lightweight store then ZenCart is definitely for you.

PrestaShop

It is widely acknowledged solution, which was officially introduced in 2007 and you don't need to pay anything to purchase it. The advantages are immense. The platform is especially famous for its brilliant interface, which is definitely one of the user-friendliest interfaces ever. PrestaShop is laden with different security features, namely the ability to set up security permissions for users. Unfortunately, it is not multi-user interface. What is more there is no sufficient support. Since most required modules for a fully functional shop are quite expensive, the platform doesn't have that much in-house modules, which are really worth using. All in all, the platform is good for small stores.

OpenCart

It is an open source free platform, which doesn't have any limitations in modifications. The platform supports multiple languages. Among the advantages of OpenCart over Magento such things should be mentioned as an easy administration. The control panel is clear and doesn't require any special technical skills. It is easy to install and, furthermore, it is lightweight. As OpenCart enables the user to start using the shop shortly after the installation, it is an

optimal choice for startups. Just take into the consideration the fact that if you want to modify the platform and make it more accustomed to the needs of the particular organization, both the time and the money will be needed.

Joomla

Joomla is an open source CMS, which is quite popular among the developers since its inception in 2005. It is an easy-installation-and-use platform since even a non-technical person can manage it without facing any difficulties. One of the biggest advantages of Joomla is its usability. You can create a website up to your liking: from small and simple to large. The CMS comes with a large variety of themes and templates. Trouble-free migration, without a doubt, makes the platform stand out the crowd. Unfortunately, the platform has a major drawback, it makes the website heavy to load and run. All in all, Joomla is Magento's rival number one as it has a variety of features and can be used for the purposes of small and large businesses.

Conclusion

Thanks to the research the presented information will move our understanding forward of what kind of aspects should be taken into the consideration by the company while choosing on CMS system, which can be the most effectively implemented into the particular company. Furthermore, one should not forget that there is no right or wrong set of criteria, and as such, there is no magic solution that gives you 100% guarantee of successes. As the time passes by the organization changes, the needs to CMS increases, therefore we should always be ready to evaluate the options.

Bibliography

1. Magento eCommerce Software and Platform, official website. [Online service]. Access mode: <http://www.magentocommerce.com/ru>
2. Wikipedia. [Online service]. Access mode: <http://www.en.wikipedia.org/Wiki/CMS>
3. osCommerce, Creating Online Stores Worldwide, official website. [Online service]. Access mode: <http://www.oscommerce.com/>
4. VirtueMart, official website. [Online service]. Access mode: <http://www.virtuemart.com/>
5. PrestaShop, official website. [Online service]. Access mode: <http://www.yprestashop.com/>
6. Ecommerce Wisdom. [Online service]. Access mode: <http://www.ecommercewisdom.com/>

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

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

В трех томах

Том 2

Компьютерная верстка *Силушкин С.В.*

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. 55,42. Уч.-изд. л. 51,02

Заказ 000-12. Тираж 150 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