



МАТЕРИАЛЫ

III Международной научной конференции

Донецкие чтения 2018:

образование, наука,
инновации, культура
и вызовы современности

г. Донецк
25 октября 2018 г.

Том 1



Физико-математические и технические науки



Дорогие коллеги!

Сборник материалов III Международной научной конференции «Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности» в руках, является частью восьмитомного издания, состоящего из 9 книг.

Труды участников конференции, входящие в сборник, охватывают различные сферы научных знаний в области естественных, гуманитарных и социальных наук. В них рассматриваются ключевые вопросы, связанные с инновациями в сфере экономики, исследованиями в области математики, физики, химии, биологии на микро- и макроуровнях, которые могут быть использованы в образовательных проектах, имеют значение для проведения дальнейших более углубленных исследований по обозначенной тематике. Гуманитарные науки представлены в сборниках научными работами историков, филологов, журналистов, психологов, педагогов. В них затронуты актуальные вопросы исторических и современных исследований. В период становления молодого государства особо актуальны исследования, представленные в области юридических наук.

Сегодня проблемы интеграции нашего университета в научно-образовательное и культурное пространство Российской Федерации определяют суть времени, в котором мы живем и трудимся. Для Донецкого национального университета важна поддержка конференции со стороны Фонда «Русский мир», научной общественности разных стран и, прежде всего, Российской Федерации. Мы высоко это ценим и выражаем всем участникам глубокую благодарность.

Будущее за наукой, и пусть итоги нашей работы станут основой для новых научных открытий и принесут пользу государству!

Ректор,
доктор физико-математических
наук, профессор

С.В. Беспалова

Министерство образования и науки
Донецкой Народной Республики
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Донецкий национальный университет»
Фонд «Русский мир»

III Международная научная конференция

Материалы
конференции

Том 1

**ФИЗИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ
НАУКИ**

Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности

г. Донецк
25 октября 2018 г.

Донецк
Издательство ДонНУ
2018

ББК Б.я431+397я431
УДК 51+53+004
Д672

Редакционная коллегия:

С.В. Беспалова (главный редактор), М.В. Фоменко (отв. секретарь),
В.А. Дубровина, Е.И. Скафа, В.И. Сторожев, В.Н. Андриенко, С.А. Фоменко

Д672 Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы III Международной научной конференции (Донецк, 25 октября 2018 г.). – *Том 1: Физико-математические и технические науки* / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2018. – 422 с.

Ответственность за содержание статей, аутентичность цитат, правильность фактов и ссылок несут авторы статей.

В первый том материалов III Международной научной конференции «Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности» вошли исследования по актуальным проблемам физико-математических и технических наук в контексте Русского мира, в том числе вопросы физики неравновесных процессов, метрологии и экологии, теоретической физики и нанотехнологий, радиофизики, общей физики и дидактики физики, механики твердого тела и деформируемых сред, математического анализа и дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики, прикладной математики, информационных, инфокоммуникационных и компьютерных технологий.

Освещенные в сборнике проблемы и направления их решения будут полезны студентам и аспирантам, докторантам, преподавателям и научным работникам, проводящим исследования в области и физико-математических и технических наук.

ББК Б.я431+397я431
УДК 51+53+004

© Коллектив авторов, 2018

© Донецкий национальный университет, 2018

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель:

Беспалова С.В. д-р физ.-мат. наук, профессор, ректор Донецкого национального университета (г. Донецк)

Заместитель председателя:

Бабурин С.Н. д-р юрид. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, Президент Международной славянской академии наук, образования, искусств и культуры, Президент Ассоциации юридических вузов (г. Москва)

Члены программного комитета:

Болнокин В.Е. д-р техн. наук, профессор, гл. науч. сотр., руководитель Центра подготовки научных кадров ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» РАН (г. Москва)

Бородулин С.Н. руководитель Регионального отделения ОГПД «Бессмертный полк России» в Санкт-Петербурге (г. Санкт-Петербург)

Варюхин В.Н. д-р физ.-мат. наук, профессор, директор ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина» (г. Донецк)

Воронова О.Е. д-р филол. наук, профессор, член Общественной палаты РФ, член Союза писателей и Союза журналистов России, руководитель Центра региональных проектов Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина, профессор кафедры журналистики, руководитель Есенинского научного центра РГУ им. С.А. Есенина (г. Рязань)

Илюхин А.А. д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор кафедры математики Таганрогского института им. А.П. Чехова Ростовского государственного экономического университета (г. Таганрог)

Ковалев А.М. д-р физ.-мат. наук, профессор, директор ГУ «Институт прикладной математики и механики» (г. Донецк)

Кожухов И.Б. д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор кафедры высшей математики НИУ «Московский институт электронной техники» (г. Москва)

Минаев А.Н. д-р ист. наук, профессор, ректор Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина (г. Рязань)

- Полищук В.С.* д-р техн. наук, генеральный директор ГУ «Научно-исследовательский институт «Реактивэлектрон» (г. Донецк)
- Половян А.В.* д-р экон. наук, доцент, директор ГУ «Институт экономических исследований» (г. Донецк)
- Приходько С.А.* канд. биол. наук, ст. науч. сотр., директор ГУ «Донецкий ботанический сад» (г. Донецк)
- Савоськин М.В.* канд. хим. наук, ст. науч. сотр., директор ГУ «Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко» (г. Донецк)
- Скафа Е.И.* д-р пед. наук, профессор, проректор по научно-методической и учебной работе Донецкого национального университета (г. Донецк)
- Сторожев В.И.* д-р техн. наук, профессор, проректор по научной и инновационной деятельности Донецкого национального университета (г. Донецк)
- Тедеев В.Б.* канд. техн. наук, доцент, ректор Юго-Осетинского государственного университета им. А.А. Тибилова (г. Цхинвал)

Физика неравновесных процессов, метрология и экология

УДК 621.924.93:532.522

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В ГИДРОСТРУЙНЫХ МАШИНАХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Асланов П.В., канд., техн. наук, доцент,
Фоменко С.А., Фоменко А.С.

ГОУ ВПО Донецкий национальный университет, г. Донецк, ДНР
aslanov.fnpme@gmail.com

Гидроструйные технологии, основанные на использовании непрерывных и импульсных струй жидкости высокого и сверхвысокого давления для обработки и разрушения конструкционных материалов, нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. Особо следует отметить, что эти технологии можно использовать в техногенно-опасных условиях, так как в отличие от традиционных они исключают появление аварийных ситуаций.

Характерной особенностью гидроструйных технологий является возможность обработки материалов, существенно различающихся по своим механическим свойствам: пластмассы, кожа, мягкие, твердые и хрупкие металлы, горные породы и бетонные изделия различной прочности. Эти технологии обеспечивают высокопроизводительное разрушение материалов и элементов конструкций с различными механическими характеристиками и свойствами.

Основными преимуществами гидрорезания являются: *универсальность* (возможность резать одной установкой разнообразные материалы), *технологичность* (струя жидкости не нуждается в заточке и замене), *возможность автоматизации процесса*, *низкая температура в зоне резания*, *способность воспроизводить сложные контуры и профили*, *хорошее качество поверхности реза* (шероховатость поверхности 0,5-1,5 мкм), *безопасность* (процесс взрыво- и пожаробезопасен, отсутствие пыли, уровень шума колеблется в пределах 85-95 дБ).

Использование гидроструйного оборудования позволяет: разрушать горные породы и бетонные блоки, осуществлять фасонную выемку асфальтного покрытия, а также очистку разметки на бетоне и асфальте, использоваться для углубления акватории порта с каменистым дном, упрочнять металлические поверхности наклепом при ударе струи, очищать различные конструкции от краски, а также поверхности для антикор-

розийной обработки, очистки теплообменников, разрушении взрывчатых веществ не вызывая их детонации и т.д. [1, 3].

Весьма перспективным является также использование преимуществ гидроструйных технологий при проведении аварийно-спасательных работ в зонах техногенных аварий и катастроф (радиоактивное или химическое заражение, пожары, наличие предельной влажности или даже затоплений, пыли, опасность возгорания или взрывов) [2-7].

Гидрорезные технологии имеют свою собственную нишу в атомной промышленности. В рамках проекта № 715 «Гидроструйная резка на атомных электростанциях» по заказу УНТЦ совместно с Национальным техническим университетом Украины «Киевский политехнический университет», были проведены работы по разработке экспериментального образца комплекса для фрагментирования высокоактивных длинномеров (ВАД) к которым относятся технологические каналы реактора, датчики энерговыделения, дополнительные поглотители на АЭС [2, 3-5].

Исследовательские работы по гидрорезанию показали, что производительность резания во многом зависит от силовых характеристик струи. Поэтому одним из способов повышения производительности гидроструйного оборудования является совершенствование состава рабочей жидкости, а именно введение водорастворимых высокомолекулярных полимеров, при этом увеличивается длина рабочего участка и снижается площадь контакта струи с обрабатываемым материалом.

Многочисленными исследованиями, выполненными у нас в стране и за рубежом, показано, что из всех известных водорастворимых высокомолекулярных полимеров ВП наибольшую гидродинамическую эффективность проявляют полиэтиленоксид (ПЭО) и полиакриламид (ПАА), которые при содержании в растворе равном ($5 \cdot 10^{-5}$ - 10^{-2}) вес.% обеспечивают снижение гидродинамического сопротивления трения (СГСТ) в трубах на 60-80% [3].

Например, для повышения эффективности гидроимпульсной техники, предназначенной для разрушения твердых материалов, в т.ч. и для добычи угля, были использованы твердые водорастворимые полимерные композиции (ТВПК) в виде ультраслабых полимерных покрытий (УПП), которые наносились путем нагревания полимерной суспензии в литевых формах на армирующие вставки проточного генератора приготовления полимерных растворов [6].

В ходе испытаний оценивалась эффективность использования струй (с полимерными добавками и без них) для разрушения блоков из гипса и углецементной смеси. Результаты этих исследований представлены на рис. 2, где кривая 1 получена для водной струи; кривые 2 и 3 – при применении струй, сформированных из заранее приготовленных однородных растворов ТВПК с содержанием ПЭО, соответственно, 0,002 % и 0,004 % вес (см. рис.). Кривые 4 и 5 соответствуют струям из растворов ТВПК, которые были

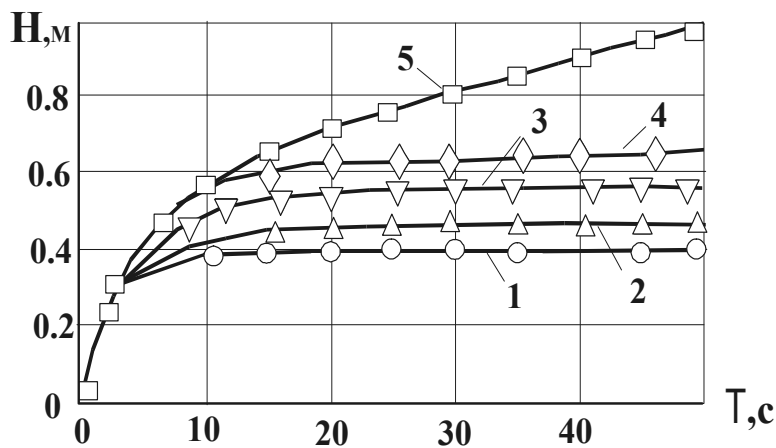


Рис. Зависимость глубины отверстия H , м, пробиваемого в гипсовом блоке, от времени действия гидроструи T , с. 1 – вода, 2, 3 – 0,002 и 0,004 % вес. водные растворы ПЭО, 4 и 5 – растворы, приготовленные из ТВПК в проточной кассете

приготовлены в проточных кассетах, когда с момента первого контакта материала ТВПК с водой составило 25 минут и 4 часа, соответственно. Из рисунка видно, что импульсные струи, которые были сформированы из заранее приготовленных однородных растворов ТВПК, имеют более высокую разрушающую способность по сравнению с водной струей.

Список литературы

1. Ефективне гідрорізання: Монографія / О.Ф.Саленко, В.Б.Струтинський, М.В.Загірняк. – Кременчук: КДПУ, 2005. – 488 с.
2. Литвин М.М. Комплекс гидроструйной резки высокоактивных длинномеров (ВАД) / М.М.Литвин, А.Б.Ступин, П.В.Асланов и др. // 3б. «Наукові та технічні аспекти міжнародного співробітництва в Чорнобилі». – Славутич: Укратомвидав. – 2000. – С.137-145.
3. Проблемы экологии и техногенной безопасности: Монография // Под общ. ред. д.т.н., проф. Ступина А.Б. – Донецк: ДонНУ, 2010. – 503 с.
4. Radiation Hardened Telerobotic Chassis Construction / Y.A. Karpachev, A.B. Stupin et al. // Report on contract № B313820 with LLNL, University of California. – Kiev-Chernobyl: IBSRI MP «Ritm», 1995. – 140 p.
5. Ступин А.Б. Роботизированная технология гидроструйной резки конструкционных материалов в техногенно-опасных условиях / А.Б.Ступин, П.В.Асланов, С.А.Фоменко и др. // Вісник Донецького ун-ту. Сер.А.: Природничі науки. – 2002. – №2. – С.366-370.
6. Ступин А.Б. Повышение эффективности работы гидроструйного оборудования путём применения гидродинамически активных добавок / А.Б.Ступин, А.П.Симоненко, П.В. Асланов и др. // Сб. трудов научно-практ. конф. «Пути развития горноспасательного дела», Донецк, 1997, доп. вып. – С. 6-9.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗО-НЕФТЕПРОВОДОВ

Бабанин А.Я.¹, д-р техн. наук, доцент,

Белов Б.Ф.¹, канд. техн. наук,

Белюсов В.В.², д-р техн. наук, профессор

¹ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Донецк, ДНР,

²ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

Разработка месторождений нефти и газа в более суровых климатических условиях и тенденции к увеличению производительности газотранспортных систем приводят к постоянному росту номинального рабочего давления в магистральных (с 5,4–7,4 МПа до 9,8–14,0 МПа), что обуславливает необходимость в обеспечении газотранспортной промышленности трубами большого диаметра из сталей более высокой категории прочности. Решение данной задачи в значительной степени определяется обеспечением высокой чистоты трубной стали по неметаллическим включениям (НВ) и формирования их окончательного заданного структурно-химического состояния [1], на что существенное влияние оказывает структурно-химическое состояние первичных НВ.

Определение структурно-химического состояния первичных НВ, образующихся в сталеразливочном ковше при раскислении стали в процессе выпуска плавки выполнено применительно к последовательной присадке марганец, кремний и алюминий-содержащих ферросплавов в два этапа.

На 1-м этапе определяли методом термодинамических расчетов по константам равновесия реакций образования оксидных фаз в системе Fe-O-Mn химический состав, образующихся при присадке марганца, оксидных включений. Который для температуры металла 1650 °С и в зависимости от его окисленности, определяемой содержанием углерода в металле после повалки (пп), следующий:

$$\begin{array}{ll} \text{для } [C]_{\text{пп}} = 0,12\% & (31 \text{ FeO} + 69 \text{ MnO})_{\text{тв}}, \\ \text{для } [C]_{\text{пп}} = 0,08 \% & (18 \text{ FeO} + 82 \text{ MnO})_{\text{тв}}. \end{array}$$

На 2-м этапе по теории МГС-фаз (модель гармоничных структур) определяли окончательное структурно-химическое состояние НВ, формирующееся при дальнейшей присадке кремний и алюминий-содержащих ферросплавов в зависимости от составов уже образованных оксидных включений системы FeO-MnO [2]. Данная теория является дальнейшим развитием кластерных представлений о квазиполикристаллическом состоянии расплавов и концепции ассоциированных растворов, в

соответствии с которыми поликристалл имеет различную структуру, состоящую из разномерных и разноупорядоченных статических структурных элементов – зерен (трехмерных) и их границ (двухмерных) [3].

Основные положения теории МГС-фаз:

– гармоничные структуры вещества – это правильные многогранники (полиэдры), представляющие собой кристаллические решетки плотноупакованных атомов, характерные для атомов с ненаправленными химическими связями (металлическая и ионная), заключенных в координационной сфере центрального атома (координационные полиэдры) и соответствующие основным принципам структурной кристаллографии;

– определение параметров химической связи (длина и энергия) элементов производится по квантово-механическим параметрам, рассчитанным согласно радиально-орбитальной модели электронного строения атомов;

– состояние системы описывается полигональными (более информативными чем классические) диаграммами состояния двойных и тройных шлаковых систем в жидком и твердом состоянии, построенных графоаналитическим методом;

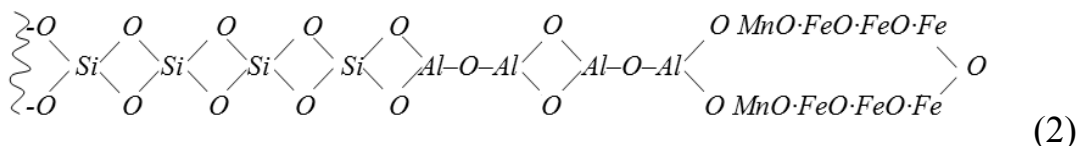
– металлургические системы рассматриваются как стохастические и описываются балансовыми уравнениями суммарных структурно-химических реакций – структурный тип СИМ-комплексов (полиэдрические – ПДЯ или полигональные – ПГЯ) определяют характер кристаллизации расплава которая определяет тип микроструктуры твердой фазы и ее физико-химические и механические свойства.

В результате выполненного анализа по теории МГС-фаз определены и представлены ниже химическая формула и СИМ-комплекс первичных НВ, образующихся при:

– комплексном раскислении стали марганцем, кремнием и алюминием:
химический состав НВ, %:



СИМ-комплекс

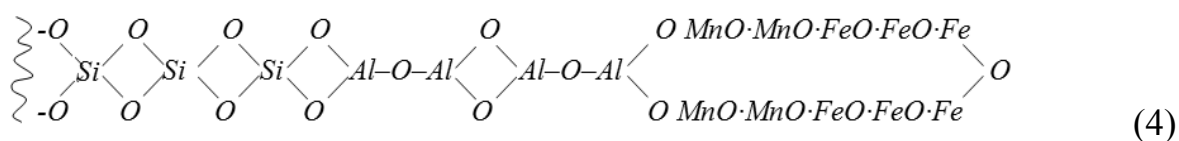


– присадке кремния и алюминия после образования оксидного включения состава (31 FeO+69MnO)тв от присадке марганца:

химический состав НВ, %:

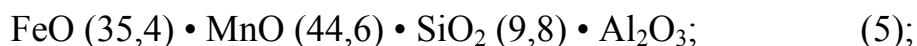


СИМ-комплекс:

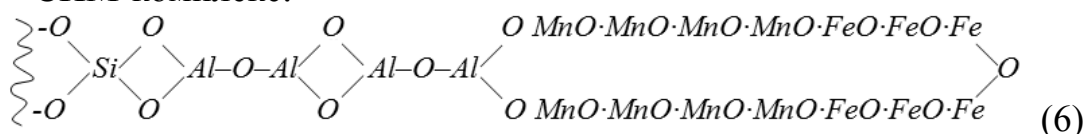


– при присадке кремния и алюминия после образования оксидного включения состава $(18\text{FeO}+82\text{MnO})_{\text{тв}}$ от присадке марганца:

химический состав НВ, %:



СИМ-комплекс:



Выводы. Таким образом, в первую очередь, при присадке марганца для получения его содержания в стали 1,40-1,60% в стали образуются окисные включения переменного состава ($m\text{FeO} + n\text{MnO}$), которые при 0,12-0,08% - преимущественно жидкие, а при содержании углерода менее 0,08% - преимущественно твердые [4].

Список литературы

1. Бабанин А.Я. Повышение качества конструкционных сталей категории прочности Х70 путем оптимизации технологических процессов ковшовой обработки высокоактивными элементами / А.Я.Бабанин, Д.А.Дюдкин, В.В.Кислица и др.// Инновационные технологии внепечной металлургии чугуна и стали. Сб. научн. тр. Конф. 22-26 окт. 2011. Донецк. С.131-136.
2. Белов Б.Ф. Структуризация металлургических фаз в жидком и твердом состояниях / Б.Ф.Белов, А.И.Троцан, П.С.Харлашин // Изв. вузов: Черная металлургия. – 2002. – № 4. – С. 70-75.
3. Зайцев А.И. Жидкие шлаки как ассоциированные растворы. Фундаментальные исследования физикохимии металлических расплавов / А.И.Зайцев, Б.М.Могутнов // М.: ИКЦ "Академкнига". – 2002. – С. 228 246.
4. Лейбензон В.А. Затвердевание металлов и металлических композиций // В.А.Лейбензон, В.М.Кондратенко, Ф.В.Недопекин, В.В.Белоусов и др. – Киев: «Наукова думка», 2009. – С. 446.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРЕОХЛАЖДЕННОГО СЛИТКА $\text{Fe}_{80}\text{Ba}_{20}$

Баздырева Ю.А., Белоусов В.В., д-р техн. наук, профессор,
Березина Е.А. Прохоренко С.Ф., канд. техн. наук
 ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
v.v.bilousov@gmail.com

Металлические стекла, или аморфные сплавы, получают путем охлаждения расплава со скоростью, превышающей скорость кристаллизации. В этом случае зарождение и рост кристаллической фазы становятся невозможными и металл после затвердевания имеет аморфное строение. Высокие скорости охлаждения могут быть достигнуты различными методами, однако наиболее часто используется закалка из расплава на поверхности быстро вращающегося диска. Однако существуют методы затвердевания слитка, помещённого в низкотемпературную атмосферу (например, голевою). Поэтому в данной работе рассматривается исследование процессов в расплаве, находящемся в неподвижном кокиле. Для описания формирования переохлажденного расплава, предлагается следующая физическая и математическая постановки задачи. Неподвижный кокиль с расплавом $\text{Fe}_{80}\text{Ba}_{20}$, переохлажденный до температуры на 300° ниже температуры ликвидус. В донной части кокиля расплав перемешивается (рис. 1).

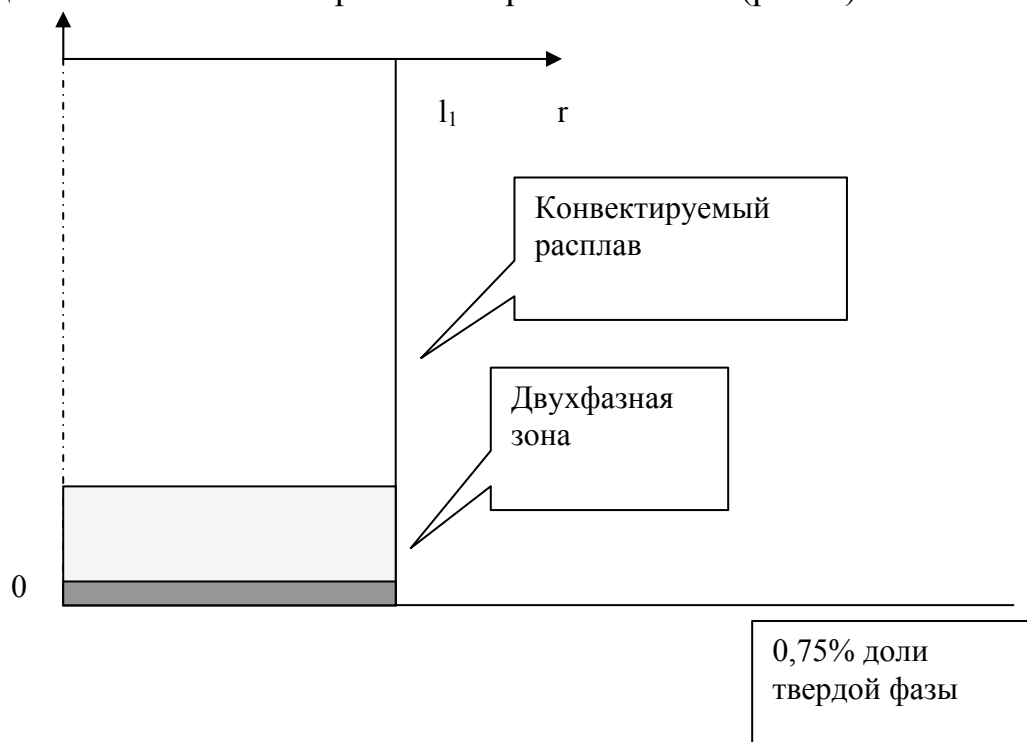


Рис. 1. Расчетная область

На основе экспериментальных и теоретических исследований процесса затвердевания, разработана математическая модель, которая основывается на следующих предположениях, описанных в работе [1, 2]:

Процессы описываются в цилиндрических координатах: уравнением Навье-Стокса, записанным по компонентно

$$\frac{\partial u}{\partial t} + (1-\xi)u \frac{\partial u}{\partial r} + (1-\xi)v \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r} + \nu \left(\Delta u - \frac{u}{r^2} \right), \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + (1-\xi)u \frac{\partial v}{\partial r} + (1-\xi)v \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + \nu \Delta v + (1-\xi) \bar{g} \beta \Delta T. \quad (2)$$

Уравнение неразрывности.

$$\frac{\partial(rV_r)}{\partial r} + \frac{\partial(rV_z)}{\partial z} = 0. \quad (3)$$

Для решения тепловой задачи, воспользуемся теорией В.Т.Борисова [3], которая заключается в следующем. Если в объеме жидкого сплава возникает переохлаждение, то там образуются дендриты, снимающие переохлаждение. Появляется двухфазная зона, состоящая как из твердой, так и жидкой фаз.

Кратковременность процесса (0,01 с), высокая температура (до 1600°C) и агрессивность металла не позволяют решить задачу с помощью эксперимента. Задачи такого класса решаются только с помощью численных методов, в частности, с использованием конечных разностей [4].

На сновании выбранной модели и методов ее конечно-разностной реализации создан пакет прикладных программ (ППП) на базе пакета Delphi с использованием методов объектно-ориентированного программирования. В пакете сформированы удобные потоки входных и выходных данных.

Рассматриваем цилиндрический кокиль размерами 0,01 м вдоль оси r и 0,0 вдоль оси z , наполненный расплавом $\text{Fe}_{80}\text{Ba}_{20}$, переохлажденный до температуры на 300° ниже температуры ликвидус.

Для численной реализации генерировалась конечно разностная сетка размерностью 100×100 .

В ходе численной реализации, получено, распределение температур в теле слитка в различные моменты времени (рис.2) и распределение доли твердой фазы (рис.3). Данные снимались с 50 горизонта, т.е. на высоте равной половине высоты слитка.

Как видно, как в случае обычно затвердевающего слитка, характер затвердевания носит классическое распределение корня квадратного.

Выводы. Разработана физическая и математическая модели затвердевания переохлажденного слитка. В основе математической модели лежит квазиравновесная теория двухфазной зоны. Просчитанный тестовый

вариант показал, что процесс затвердевания соответствует классическому распределению роста твердой корочки «корня квадратного»

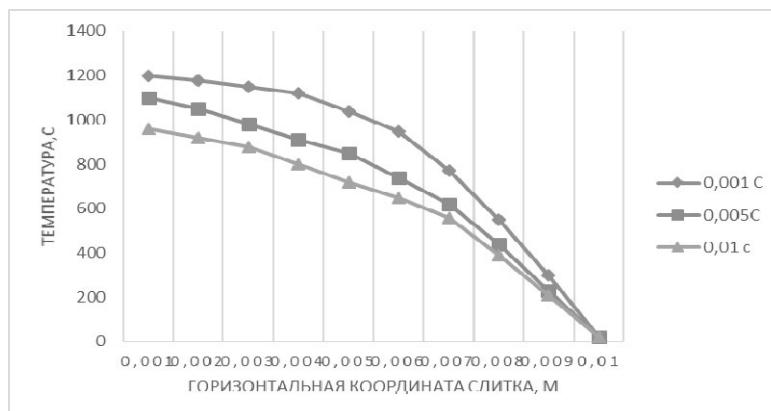


Рис. 2. Распределение температуры слитке в различные моменты времени



Рис. 3. Распределение доли твердой фазы слитке в различные моменты времени

Список литературы

1. Баздырева Ю.А. Математическое моделирование формирования переохлажденного стального слитка. Постановка задачи // Ю.А.Баздырева, В.В.Белоусов, В.В.Бодряга, В.И.Бондаренко и др. / Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля. – № 5 (11). – 2018. – С. 185-191.
2. Belousov V.V. Hydrodynamics and heat and mass transfer during formation of thin metal glass tape// V.V.Belousov, V.V.Bodryaga, V.I.Bondarenko, Yu. A.Bazdyreva and other / International Conference "Structural and Phase Transformations in Materials: Theory, Computer Modelling, and Experiment", 23–27 March 2017. – Ekaterinburg, Russian Federation. –192 (2017) 012032, doi:10.1088/1757-899X/192/1/012032//
3. Борисов В.Т. Кристаллизация бинарного сплава при сохранении устойчивости // В.Т.Борисов. – ДАН, 1961. – Т. 136, № 3. – С. 583-586.
4. Белоусов В.В. Затвердевание металлов и металлических композиций: учебник // В.В.Белоусов, Ф.В.Недопекин, В.Е.Хрычиков, В.А.Лейбензон и др. – Киев: Наукова думка, 2009. – 412 с.

РАЗРАБОТКА ИНТЕРФЕЙСА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В АГРЕГАТЕ КОВШ-ПЕЧЬ

Белоусов В.В., д-р техн. наук, профессор, **Бодряга В.В.**,
Бондаренко В.И., **Недопекин Ф.В.**, д-р техн. наук, профессор,
Несова А.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
v.v.bilousov@gmail.com

Теплофизические процессы, происходящие в сталеразливочном ковше и его футеровке, являются весьма важными с точки зрения обеспечения его работоспособности. Работы, выполненные в области математического моделирования теплового состояния футеровки ковшей, базируются на моделях нестационарной теплопроводности, основывающихся на дифференциальных уравнениях Фурье с граничными условиями первого или третьего рода. Результаты такого моделирования в литературе достаточно

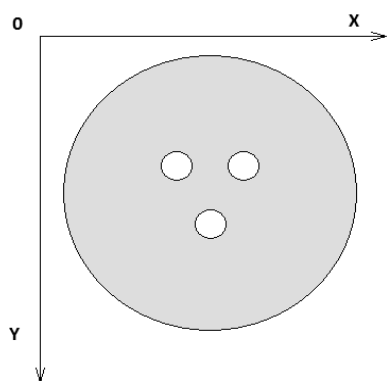


Рис. 1. Расчётная область шлака, вид сверху

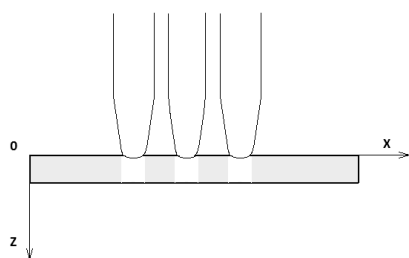


Рис. 2. Расчётная область шлака- вид сбоку

ограничены и не всегда однозначны, что, видимо, объясняется выбором начальных условий и исходных значений, а также различными подходами в области эксплуатации ковшей на разных заводах. Поэтому такие исследования требуют дальнейшего развития применительно к конкретным сталеплавильным цехам и технологическим построениям, в частности, условиям работы агрегата ковш-печь.

Расчётная область схематически представлена на рисунках 1, 2 и 3. Наличие этих областей объясняется тем, что для расчета термической обстановки в стенке АКП необходимо знать распределение температуры в ванне АКП, в свою очередь, на распределение полей температуры влияет гидродинамическая обстановка в расплаве.

Рассматривается сталеразливочный ковш с вместимостью – 60 т. жидкой стали, с начальной температурой футеровки – 900 °С, начальной температурой жидкого металла в ковше – 1600 °С. Процесс наполнения жидкой

сталью не рассматривается. Предусматривается введение в слой шлака сверху трех электродов и открытие двух продувочных пробок, расположенных относительно оси симметрии сталеразливочного ковша

под углом 90° (рис.1). На заводе применялась технология импульсной продувки-попеременное изменение расхода инертного газа в продувочных пробках, независимо друг от друга, для ускорения процесса гомогенизации расплава.

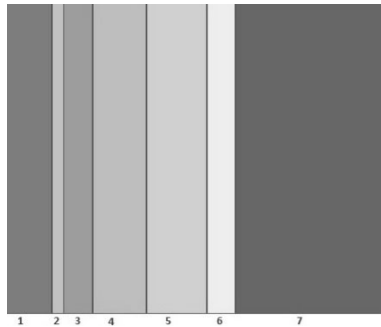


Рис. 3. Схема расчетной области прогоревшего сталь-ковша.

1-броня, 2-теплоизоляционная бумага, 3-теплоизоляционные маты, 4-теплоизоляционный кирпич, 5- арматурный слой, 6-магнезит, 7-рабочая ПУ футеровка

Несимметричность расположения пробок не позволило решать задачу в цилиндрических координатах. Поэтому, для генерации сетки выбраны декартовы координаты, где в торцевых частях области подбором шагов аппроксимировалось основание цилиндра.

В модели ведется учет воздействия конвективного теплообмена с окружающей средой, учитывается температура в цехе. Теплоизоляция сталеразливочного ковша представляет собой систему из пяти слоев – четыре из которых теплоизоляционных, а пятый – непосредственно стальная основа – броня. Теплоизоляция представлена следующими материалами (начиная от брони): теплоизоляционная бумага; арматурный слой; магнезит; рабочая периклаз-углеродистая футеровка.

Гидродинамические и термодинамические процессы в сталеразливочном ковше описываются [1, 2] и основываются на решении уравнения теплопроводности, Уравнения Навье-Стокса в трех компонентах и уравнения неразрывности:

Начальные условия для скорости и температуры следующие:

Граничные условия в месте контакта брони сталь-ковша с окружающей средой:

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = -\alpha (T_6 - T_{\text{ср}}),$$

где T_6 – температура брони; $T_{\text{ср}}$ – температура окружающей среды; α – коэффициент теплообмена. Коэффициент α был найден по формуле М.А.Михеева [1].

На границе каждого слоя использовались граничные условия четвертого рода:

$$\lambda_i \frac{\partial T}{\partial n} = \lambda_{i+1} \frac{\partial T}{\partial n}, \quad T_i = T_{i+1},$$

где λ_i – коэффициент теплопроводности i -го слоя футеровки, Вт/м·К.

Скорость на ограничивающей жидкость твердой поверхности, равна нулю (условие «прилипания и непроницаемости»).

При проектировании программного обеспечения использован шаблон Модель-Представление-Контроллер (Model-View-Controller, MVC), который

представляет собой схему разделения данных приложения, пользовательского интерфейса и управляющей логики на три отдельных компонента: модель, представление и контроллер таким образом, что модификация каждого компонента может осуществляться независимо от других [3].

Модель предоставляет данные и методы работы с ними. В нашем случае в основе в компонент «модель» входят библиотеки классов и подпрограмм для расчета поставленной задачи моделирования гидродинамических, тепломассообменных процессов.

Компонент «Представление» отвечает за получение необходимых данных из модели и отображение их пользователю. Представление может влиять на состояние модели, сообщая модели об этом.

Образ экрана представлен на рис. 4.

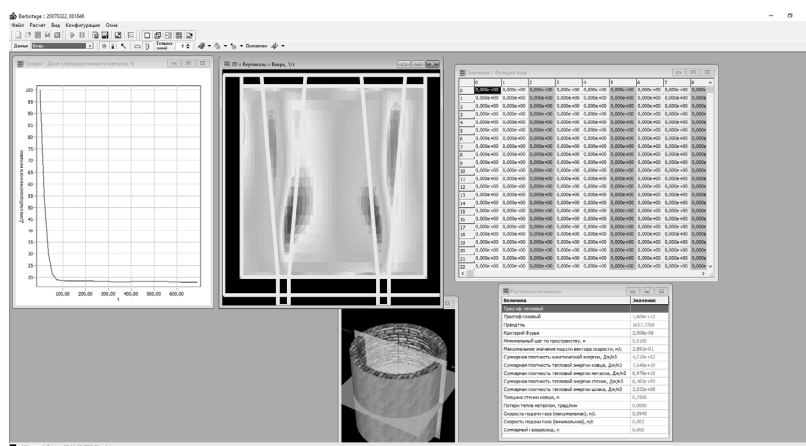


Рис. 4. Образ экрана для расчета гидродинамических и тепломассообменных процессов в АКП

Выводы. На примере решений системы уравнений гидродинамики и тепломассообмена показана визуализация результатов математического моделирования процессов в агрегате ковш-печь. Обоснована адекватность математической модели и вычислительного алгоритма. Для технологов металлургического производства предоставляется программный комплекс с удобным пользовательским интерфейсом и широкими возможностями визуализации процесса расчета.

Список литературы

1. Лейбензон В.А. Затвердевание металлов и металлических композиций // В.А.Лейбензон, В.М.Кондратенко, Ф.В.Недопекин, В.В.Белоусов и др. – Киев: Наукова думка, 2009. – С. 446.
2. Белоусов В.В. Математическая модель гидродинамических и тепломассообменных процессов в агрегате ковш-печь // В.В.Белоусов, В.И.Бондаренко, Ф.В.Недопекин, В.В.Бодряга и др. / Вестник Череповецкого государственного университета. – 1 (76). – 2017. – С. 20-27.
3. Fowler M (with Rice D, Foemmel M, Hieatt E, Mee R and Stafford R) (2002) Patterns of Enterprise Application Architecture. Addison-Wesley Professional. p. 560.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ЛИНЕЙНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Бодня А.С.,

Болонов Н.И., д-р техн. наук, профессор,

Быковская Н.В., канд. техн. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

nataliya_bykovskaya@mail.ru

Введение. Линейные источники тепловых выбросов достаточно широко распространены в природе. К ним можно отнести различного рода трубопроводы, сборочные цеха заводов, различные природные явления, такие как фронт лесного пожара (плоский факел) и другие.

Остановимся на трубопроводах. При соотношении длины трубопровода к его диаметру $l/D \geq 10$ он может рассматриваться как линейный. Температура трубопровода может отличаться от температуры окружающей среды, кроме того он может обдуваться потоками воздуха. Рассматривая эти эффекты в комплексе можно выделить три явления:

1. Естественная конвекция, при этом $T_{mp} \neq T_{\infty}$ и $V_{\infty} = 0$.
2. Вынужденная конвекция будет иметь место при $T_{mp} = T_{\infty}$ и $V_{\infty} \neq 0$.
3. Смешанная конвекция когда $T_{mp} \neq T_{\infty}$ и $V_{\infty} \neq 0$.

Здесь могут реализовываться два случая: первый – когда векторы силы плавучести и силы индукции совпадают по направлению и второй, когда они противоположны.

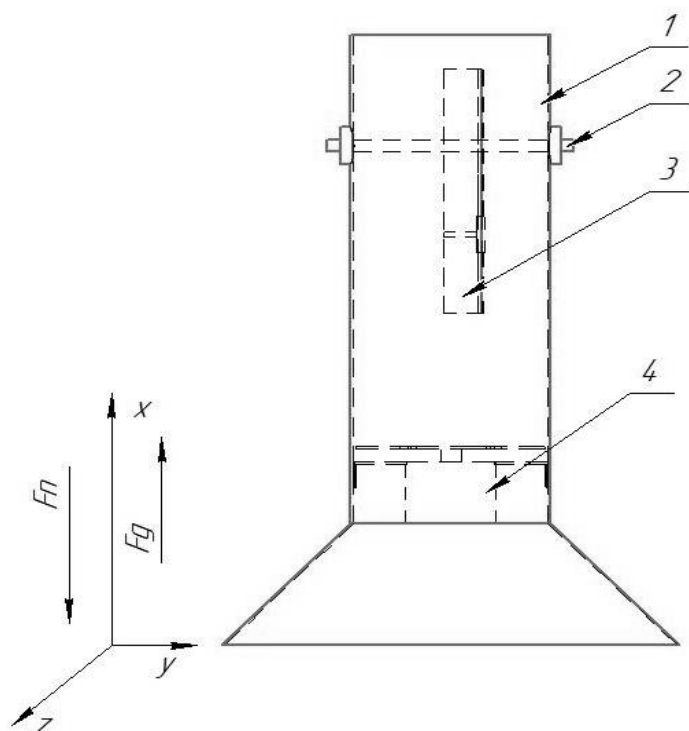
Актуальность задачи состоит в необходимости совершенствования существующих методик расчета распространения тепловых выбросов. При этом ставится задача определения тонкой структуры явления, включая его энергетические и структурные характеристики. Это позволит разработать методики расчета выбросов с учетом тонкой структуры турбулентности температурного и скоростного полей.

Целью работы является создание экспериментальной установки, разработка информационно-измерительной системы и методик проведения эксперимента и обработки экспериментальных данных.

Результаты. Создана экспериментальная установка, представляющая собой разомкнутую аэродинамическую трубу с вертикальным рабочим участком (см. рисунок 1).

Основным элементом установки являются:

1. Рабочий участок $D = 150$ мм.
2. Нагревательный элемент – цилиндр $d = 13$ мм и $l = 150$ мм.
3. Двухкоординатное устройство для крепления датчиков.
4. Вентилятор.



1. Рабочий участок. 2. Нагревательный элемент 3. Двухкоординатное устройство для крепления датчиков. 4. Вентилятор.

Рис. 1. Экспериментальная установка

На установке реализуются течения, определяющиеся числами подобия, изменяющиеся в следующих диапазонах.

Число Рейнольдса потока

$$Re_n = \frac{vD}{\nu} = (0 \div 4 \cdot 10^4).$$

Число Рейнольдса обтекания источника тепловых выбросов

$$Re_n = \frac{vd}{\nu} = (0 \div 4 \cdot 10^3).$$

Число Фруда

$$Fr = (0 \div 3).$$

Информационно-измерительная система включает различные методы исследования.

1. Визуальные методы исследования обеспечиваются цифровой видеокамерой, устройством впрыска дыма, компьютером с программным обеспечением, позволяющим обрабатывать видеофайлы.

2. Аппаратурные методы исследования обеспечиваются различными подсистемами, позволяющими измерять осредненные и пульсационные характеристики поля температур и скорости.

3. Система обработки результатов измерений включает аналого-цифровой преобразователь, персональный компьютер, устройство отображения результатов и программное обеспечение для расчета характеристик потока.

На установке реализовывались все три названные выше режимы конвекции.

Режим естественной конвекции реализовывался в следе за нагретым цилиндром, при этом вентилятор отключался, и движение воздуха в рабочей части происходило за счет действия силы тяжести. Полученные результаты использовались для тестирования всей информационно-измерительной системы (ИИС) путем сравнения с известными [3] экспериментальными данными.

Режим вынужденной конвекции осуществлялся при различных скоростях обтекания цилиндра. Данные также использовались для тестирования ИИС при сравнении с известными [1, 2] результатами.

Режим смешанной конвекции реализовывался при различных температурах цилиндра и внешнем обтекании, при этом вектор скорости потока мог изменяться как по величине, так и по направлению.

В заключении отметим, что полученные результаты показали работоспособность установки и ИИС и позволяют наметить пути дальнейших исследований тонкой структуры полей скорости и температуры в неизотермических потоках.

Список литературы

1. Пометун Е.Д. Экспериментальные стенды для исследования динамических характеристик измерительных преобразователей температуры [Текст] / Е.Д.Пометун, Н.И.Болонов // Вестник ДонНУ. Сер.Г: Технические науки. – 2017. – № 1. С 4-12.
2. Костин А.С. Моделирование слоисто-стратифицированных течений в пограничном слое атмосферы [Текст] / А.С.Костин, Е.Д.Пометун, В.Е.Силенко // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего. Сборник материалов V Международной научно-технической конференции. Западно-Сибирский научный центр. – Кемерово: издательство ООО (Западно-Сибирский центр». – 2017. – С 33-37.
3. Чжен П. Отрывные течения. Перевод с англ. А.И.Голубинского / Под ред. Г.И.Майкапара. – М.: Мир, 1972. – 299 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ КОНВЕКЦИИ НА АЭРОДИНАМИКУ ВЫБРОСОВ БУРОГО ДЫМА

Бодряга В.В.,

Белоусов В.В., д-р техн. наук, профессор,

Недопекин Ф.В., д-р техн. наук, профессор

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

vvbod@yandex.ru

Введение. Экологические проблемы являются в настоящее время фактором, сдерживающим развитие чёрной металлургии. В частности, серьёзной проблемой является загрязнение атмосферы бурым дымом – специфическим видом пыли, образующейся при переливах чугуна из ёмкости в ёмкость [1].

Актуальность проблемы. Непосредственной причиной образования бурого дыма является взаимодействие мелких капель чугуна с кислородом газовой фазы. Основным источником поступления воздуха в ковш эжектирование воздуха струей металла [2]. Эффективным инструментом подавления бурого дыма является технология подачи нейтрального газа в зону образования брызг чугуна. Правильная организация подачи азота с учётом аэродинамических процессов, является необходимым условием, обеспечивающим эффективность пылеподавления [1].

Целью работы является изучение влияния тепловой конвекции на формирование факела выбросов и распределение газовых потоков в ковше.

Постановка задачи. Математическая модель процесса аэродинамики в области ковша при наполнении его жидким чугуном описывается следующей системой уравнений: Навье-Стокса в приближении Буссинеска, неразрывности, теплопереноса, турбулентной кинетической энергии k и скорости ее диссипации ε [3]:

При разработке математической модели используется модель турбулентности второго порядка – $k-\varepsilon$ модель [3]. В этой модели коэффициент турбулентной вязкости ν_t выражается через кинетическую энергию турбулентности k и скорость ее диссипации ε . При реализации математической модели использованы методы чередующихся направлений, возмущённых коэффициентов и прогонки. Вычислительный эксперимент проводился для случая, когда в незаполненной части ковша аэродинамическая архитектура определяется смешанным конвективным движением: тепловым и динамическим воздействием.

Для оценки вклада естественной и вынужденной конвекции на аэродинамику воздуха в полости ковша, вводится локальный критерий Ричардсона [4], который вычисляется в каждой точке расчетной области.

$$Ri = \frac{Gr}{Re^2} = \frac{x_0 g \beta_T \Delta T}{u_0^2}. \quad (1)$$

Результаты вычислительного эксперимента по распределению критерия по горизонтали приведены на рисунке.

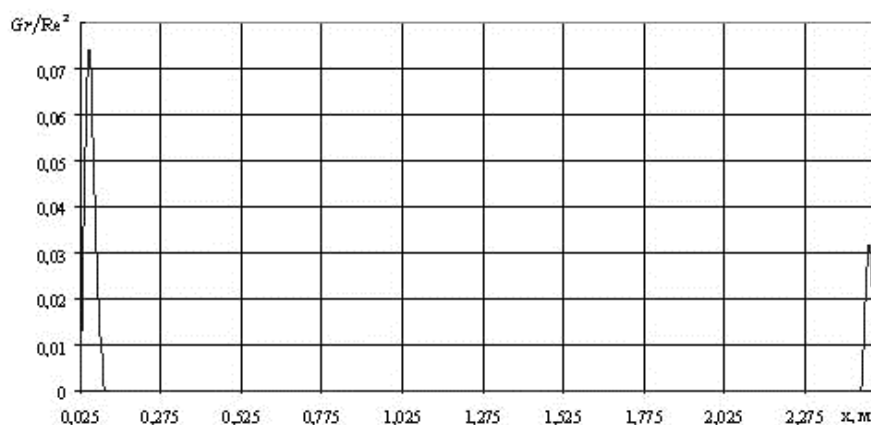


Рис. Распределение критерия Ri по горизонтали на – 4,9 м. от верхнего среза ковша

При $Ri \ll 1$, вклад вынужденной конвекции существенно превосходит влияние тепловой. Когда значение $Ri \gg 1$, то определяющим фактором в движении газа является тепловая конвекция. Как видно из рис. 3, значения критерия по всему объему значительно ниже единицы, что подтверждает существенное влияние вынужденной конвекции, вызванной падающей струей чугуна. В области падающей струи металла и пристеночной области ковша рис., где наблюдается наибольший градиент температуры, имеет место увеличение значений критерия. Причем в области струи влияние тепловой конвекции выше, чем в пристеночной. Наибольший вклад тепловой конвекции в результирующее движение получен в области «зеркала» металла (рис). Вместе с тем и в этих зонах выполняется условие $Ri \ll 1$.

Выводы. Получено, что тепловая конвекция незначительно влияет на поступление в ковш кислорода и как следствие на образование бурого дыма.

Список литературы

1. Недопекин Ф.В. Эжекция воздуха струей металла при переливах чугуна / Ф.В.Недопекин, В.А.Кравец, В.В.Бодряга // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2006, №1. – С. 112-113.
2. Кравец В.А. Подавление бурого дыма при переливах чугуна: Монография / В.А.Кравец. – Донецк: Издательство «УкрНТЭК», 2002. – 186 с.
3. Недопекин Ф.В. Повышение экологической безопасности при переливах чугуна путем учета влияния аэродинамики выбросов / Ф.В.Недопекин, В.А.Кравец, В.В.Бодряга // Металлургическая теплотехника, 2007. – С.187-192.
4. Гебхарт Б., Джалурия Й., Махаджан Р. Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен. В 2-х книгах, кн. 1. Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 678с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОРОХОВОЙ ГИДРОПУШКИ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ ГАЗОВЫХ ФАКЕЛОВ

Казак А.И., Шерстюк Ю.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

artur_kazak@mail.ua

Наряду с обычными установками, применяющимися при тушении газовых и нефтегазовых фонтанов, также используются гидроимпульсные установки, способные генерировать импульсные высоконапорные струи жидкости высокой скорости (ультраструи). Анализ научных работ по этой тематике свидетельствует о том, что данные устройства более мобильны, безопасны, компактны и требуют меньше затрат энергии по сравнению с установками для получения непрерывных струй.

На данный момент наиболее перспективным методом тушения пожаров является применение тонкораспыленной воды, основной механизм которого заключается в охлаждении горящего материала и образование локализирующего очаг горения облака пара. Капли не смогут преодолеть барьер конвективных потоков горячих газов, генерируемых пламенем, и зону радиационно-кондуктивного нагрева, если не будут обладать достаточной кинетической энергией. В этом случае можно рассматривать подобный метод лишь как средство для смягчения условий при пожаре, но не для его подавления.

Для успешной борьбы с пожаром необходим минимальный размер капель, для повышения скорости испарения воды, в результате которого происходит интенсивное охлаждение и образование флегмантизирующей среды водяного пара, что обеспечивает тушение пламени. В то же время малый размер частиц может стать причиной затруднительного поддержания высокой скорости капель и быстрого их испарения в зоне перед пламенем, что снижает эффективность пожаротушения распыленной водой. Анализ данных ряда авторов показывает, что оптимальной дисперсностью воды для тушения различных материалов является такая, при которой диаметр капель составляет от 100 до 150 мкм.

Для пожаротушения газовых и нефтегазовых фонтанов предлагается гидроимпульсная установка, в которой используются импульсные струи жидкости высокой скорости. Основным элементом установки является пороховая гидропушка, которая генерирует импульсную струю жидкости. Особенностью конструкции является наличие профилированного сужающегося сопла, которое позволяет получать импульсные струи жидкости высокой скорости при относительно небольших давлениях внутри установки.

Для построения математической модели выстрела необходимо учесть некоторые допущения:

1. Жидкость считается идеальной и сжимаемой, вязкостью, теплопроводностью и влиянием пыжа можно пренебречь.

2. Профиль сопла предполагается плавным, и радиальные компоненты потока не учитываются.

3. Граница раздела “пороховые газы – вода” считается плоской в течение всего выстрела.

За начало процесса принят момент воспламенения пороха. Начало координат совпадает с входом в сопло.

В принятой постановке квазиодномерное течение идеальной сжимаемой жидкости в пороховой гидропушке описывается системой уравнений нестационарной газовой динамики в следующей форме:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho F}{\partial t} + \frac{\partial (\rho v F)}{\partial x} &= 0, \\ \frac{\partial (\rho v F)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho v^2 + p) F}{\partial x} &= p \frac{dF}{dx}, \\ p &= B \left[\left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^n - 1 \right]. \end{aligned}$$

где t – время; x – координата; v – скорость; $F(x)$ – площадь поперечного сечения проточной части – ствола и сопла; p и ρ – давление и плотность; $B = 304,5$ МПа, $n = 7,15$, $\rho_0 = 10^3$ кг/м³ – постоянные в уравнении состояния воды.

Начальные и граничные условия имеют вид:

$$\begin{aligned} v(0, x) &= 0, \quad p(0, x) = 0, \quad \rho(0, x) = \rho_0, \quad L \leq x \leq L_s \\ p(t, L) &= 0, \quad p(t, x_g) = p_g, \quad v(t, x_g) = v_g. \end{aligned}$$

где L и L_s – длина ствола и сопла; x_g – координата контактной поверхности; p_g и v_g – давление и скорость пороховых газов на контактной поверхности. Горение пороха рассматривалось в квазистационарном приближении при допущениях, характерных для задач внутренней баллистики в артиллерии. Давление и скорость пороховых газов определяются решением системы уравнений описывающих квазистационарное горение пороха.

Ускорение воды в гидропушке (ГП) происходит по инерционному принципу, это позволяет получать импульсные струи до 3000 м/с. В работе [1] вводилось понятие оптимального выстрела, который должен обеспечить получение скорости струи равной 1500 м/с при максимальном давлении в сопле $p_{max} \leq 1200$ МПа, и произведен расчет для пороховой ГП путем изменения диаметра сопла и объема камеры сгорания.

В работе [2] проведено численное исследование основных тенденций изменения характеристик выстрела, которые использовались в [3], при

вариации разных конструктивных параметров ГП, таких как длина сопла и заряда воды, площадь ствола и среза сопла, масса и начальная скорость поршня и заряда воды. Для анализа была выбрана лабораторная ГП [1], легкость и компактность которой допускает изменение ее конструктивных параметров в широких пределах. По результатам исследований в работе проведена параметрическая оптимизация ГП. Целью оптимизации было получение наиболее легкой, компактной и мобильной установки, способной генерировать струю с максимальной скоростью выше 1500 м/с и коэффициентом компактности, не меньше, чем у струи оптимальной пороховой ГП.

Исходя из того, что эффективность воздействия струи сильно зависит от её скорости, в работе по оптимизации пороховой гидропушки выбран критерий импульса высокоскоростного участка струи I , расчет которого производится по формуле

$$I = F_s \int_{t_{ист}}^{t_d} \rho_0 u_s^2 dt,$$

где F_s – площадь среза сопла, u_s – скорость истечения импульсной струи, $t_{ист}$ и t_d – время начала истечения и время достижения скорости $0,85u_{max}$ соответственно.

Скорость высокоскоростного участка струи находится в интервале $u_{max} \leq u \leq u_{min}$. Минимальную скорость высокоскоростного участка выберем такой, чтобы кинетическая энергия и динамическое давление струи при этой скорости было в два раза меньше максимальных значений:

$$u_{min} = \frac{u_{max}}{\sqrt{2}}.$$

Расчеты [4] свидетельствуют о малом влиянии на эффективность выстрела гидропушки участка струи, скорость воды на котором меньше минимальной.

Таким образом, можно сформулировать задачу оптимального управления выстрелом пороховой гидропушки: поиск оптимальной массы пороха, при которой достигается максимум импульса высокоскоростного участка струи.

Список литературы

1. Атанов Г.А. Исследование внутренней баллистики гидропушки / Г.А.Атанов, А.Н.Семко, Ю.Д.Украинский // Изв. АН СССР. МЖГ. – 1983. – №4. – С. 168-170.
2. Семко А.Н. Влияние разных факторов на параметры гидропушки / А.Н.Семко, В.В.Решетняк // Прикладная гидромеханика. – 2010. – Т.12, № 3. – С. 64-70.
3. Решетняк В.В. Влияние формы сопла на параметры сверхзвуковой гидропушки / В.В.Решетняк // Труды международного научно-практического семинара «Гидродинамика и экология». К 100-летию со дня рождения чл.-корр. НАН Украины, профессора И.Л. Повха (Донецк, 11-12 ноября 2009) / Под общ. ред. Ступина А.Б. – Донецк, ДонНУ, 2009. – С.48-53.
4. Гескин Э.С. Прочностной расчет и оптимизация сопла ствола пороховой гидропушки / Э.С.Гескин, О.А.Русанова и др.// Проблемы прочности. – 2006. – № 2. – С. 137-146.

К ВОПРОСУ ОСУШЕНИЯ И УВЛАЖНЕНИЯ ВОЗДУХА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кожяев А.А.

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

В последнее время во многих отраслях уровню влажности стали уделять особое внимание. Ведь промышленное увлажнение либо осушение воздуха, является особо важной частью системы производственного микроклимата. Не существует ни одного предприятия, где бы этот параметр в той или иной степени не был востребован.

Вопрос о промышленном увлажнении воздуха встает на тех производствах, где это технологически необходимо. Это может быть связано с важностью создания и поддержания определенного уровня влажности для жизни микроорганизмов, сохранности материалов, препятствования образованию статического электричества. В этом случае создание должного уровня влажности воздуха, а также его поддержание, является производственной необходимостью и решается с учетом всех особенностей технологического процесса и сопутствующих факторов.

Целью же настоящей статьи является показать значимость данного параметра как влажность. Мы рассмотрим, как она влияет на различные типы производств, включая среду обитания человека, т.к. человек находится на предприятии большую часть своей жизни в целом. Разберём отдельные предприятия, и отрасли где уделяют этому особое внимание, т.к. чаще всего такой параметр как относительная влажность воздуха имеет ключевое значение.

Рассмотрим, какие виды и типы осушения и увлажнения бывают в принципе, а также остановимся на конкретных примерах и производствах.

Поддерживать относительную влажность, в определённых пределах для каждого типа предприятия бывает очень важно, т.к. в некоторых случаях её колебания могут привести к серьёзным последствиям.

Как известно, существуют различные способы осушения: это адсорбция, ассимиляция и конденсация. Каждый способ осушения применим для своего характера помещения. Ни для кого не секрет тот факт, что избыточная влага является одной из главных причин повреждения и разрушения зданий. Намокшие стены под действием низких температур замерзают, в результате бетон и кирпичная кладка растрескиваются, а это приводит к преждевременному выходу зданий и сооружений из строя, а также последствия избыточной влажности губительно при хранении различного рода материалов и изделий.

Рассмотрим сферы применения различных типов осушителей:

– Сорбционный осушитель применяют на ледовых площадках, молокозаводах, винных/пивных погребах, а также в охлаждающих тоннелях.

–Конденсационный осушитель рационально применять в плавательных бассейнах, помещениях для сушки пиломатериалов, при проведении косметических ремонтов помещений, музеях, котельных и в прачечных.

–Осушители воздуха также могут применяться в таких сферах как: склады военной амуниции, продовольствия, вооружения, комплексы очистки питьевых и сточных вод (защита электроники и электрики), фармацевтическая промышленность, просушка зданий после затопления и многое другое...

Огромное внимание уделяется осушению бассейнов. При подборе осушителя для бассейна, уделяется огромное количество нюансов и параметров всего здания в целом, начиная от влажности воздуха внутри помещения, а также температур: воды, воздуха, количества купающихся, размера зеркала бассейна и многое другое.

На рисунке 1 представлены самые распространённые виды осушителей.



Рис. 1. Виды осушителей

Также существуют серии профессиональных осушителей (рис. 2).

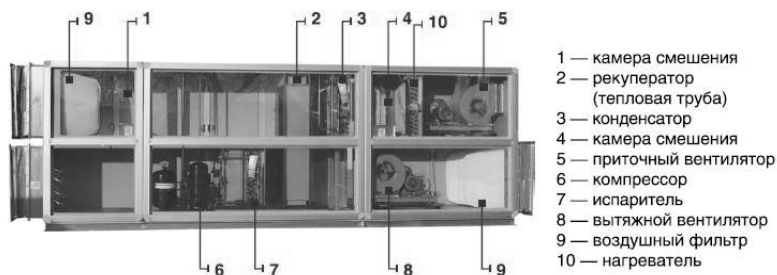


Рис. 2. Приточно-вытяжная установка для бассейна

Данные системы производятся по специальному расчёту и подбору в зависимости от назначения помещения, где можно контролировать не только влажность, но и температуру, кратность воздуха, его чистоту и т.д.

Теперь остановимся на увлажнении воздуха. Увлажнение воздуха играет не менее важную роль, чем осушение. В определённых областях и сферах деятельности воздух необходимо не осушить, а повысить влажность и довести до определённых параметров.

Рассмотрим некоторые способы и типы увлажнения воздуха, которые наиболее часто используются на промышленных предприятиях, к ним можно отнести изотермическое и адиабатическое увлажнение.

При изотермическом увлажнении водяной пар образуется в результате испарения воды в специальном парогенераторе. Потребляемая энергия обеспечивает фазовый переход воды из жидкого состояния в парообразное. При этом количество явного тепла, содержащегося в воздухе, остается неизменным. На рис. 3 представлены некоторые виды увлажнителей.



Рис. 3. Вид промышленных увлажнителей

К системам адиабатического увлажнения отнесём такие виды увлажнителей, в которых распыление воды в воздухе в виде тонкого монодисперсного аэрозоля, который интенсивно испаряется, потребляя явное тепло, содержащееся в воздухе. В результате перехода воды из жидкого состояния в парообразное температура воздуха понижается. Таким образом, наряду с увлажнением происходит ассимиляция дополнительного тепла. На рисунке 4 отображены различные виды адиабатического увлажнения.



Рис. 4. Виды адиабатического увлажнения

В дисковых увлажнителях вода инжেকтируется на поверхность диска вращающегося с большой скоростью, за счёт чего получается аэрозоль смеси воздуха и водяной пыли. Вакуумная форсунка VN устанавливается в складских или производственных помещениях. Она автоматически создает гигиеничное и энергосберегающее увлажнение воздуха. Распылительные форсунки высокого давления производят чрезвычайно мелкую водяную пыль, которая растворяется в воздухе в камере увлажнения.

Сферы производств, где наиболее востребованы данные системы увлажнения это: печатные производства (типографии, участки оперативной полиграфии и т.д.), вычислительные центры и АТС, в электронной и текстильной промышленности, библиотеках, овощехранилищах, офисных и торговых центрах, административных, культурных и исторических зданиях, жилых комплексах повышенной комфортности коттеджах и т.д.

На основании вышеизложенного можно понять значимость часто игнорируемого параметра как влажность воздуха. Ведь соблюдая данный критерий мы сможем контролировать такие факторы как: поддержание прочности несущих конструкций различного рода объектов, защитить от запотевания окон и стеклянных потолков, повысить качество отделочных работ при ремонте квартир за счет просушки без температурных деформаций использованных покрытий стен, пола и потолка, ликвидировать последствия наводнений, просушивать новые строительные объекты, удалять влагу с поверхности музыкальных инструментов, линз фото- и кинокамер, ковровых покрытий, внутри книжных шкафов и кладовок в дождливый период, увеличивать продолжительность хранения гигроскопических материалов: лекарств, стиральных порошков, строительных материалов, а также сыпучих продуктов, поддерживать низкий уровень влажности при производстве пищевых продуктов, резиновых изделий и пластмасс, при обработке древесины, при выделке меховых шкур, сохранять товарный вид одежды и упаковки, снижать рост бактерий и т.д. [2; 3].

Поддерживать влажность воздуха на оптимальном уровне – неотъемлемая задача большинства климатических систем. Ведь повышенная влажность оказывает отрицательное влияние не только на здоровье и самочувствие людей, но и на условия хранения сырья и продукции вредит многим технологическим процессам.

Микроклимат производственного помещения напрямую влияет на работоспособность сотрудников. В условиях сухости воздуха повышается утомляемость человеческого организма, снижается внимание, что не может не сказаться на качестве и скорости выполняемых работ. Результатом постоянно низкого уровня влажности в производственном помещении часто бывает высокий уровень брака продукции, травматизма персонала, а в местах высокого скопления работающих, нередко проявляются вспышки агрессии.

Поэтому необходимо для каждого конкретного случая, и функционального назначения помещения выбирать какую систему необходимо применить, осушать воздух или увлажнять для создания оптимального температурно-влажностного режима. Тем самым будут достигнуты максимально идеальные условия для работы всего здания в целом, работоспособности техники, а также и обслуживающего персонала.

Список литературы

1. Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности / А.С.Гинзбург. – М.: Агропромиздат, 1985.
2. Борисов Г.С. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г.С.Борисов, В.П.Брыков, Ю.И.Дытнерский и др. // Под ред. Ю.И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. – М., 1999.
3. Гоголин А.А. Осушение воздуха холодильными машинами. ГлавНИИ при ГосЭкономСовете СССР, ВНИИХолодПром Государственное издательство торговой литературы, 1962 г

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕЧЕНИЯ ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ РАЗРЯДЕ В НЕФТИ

Коломенская В.В., канд. физ.-мат. наук, доцент
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
v.kolomenskaya@gmail.com

Введение. Развитие нефтедобывающей промышленности характеризуется ростом требований к достижению высокой эффективности разработки месторождений. Вместе с тем на разрабатываемых месторождениях почти не осталось фонтанирующих скважин. Основная часть скважин находится на поздней стадии разработки, что привело к снижению их продуктивности и росту обводненности, вследствие этого они находятся на грани экономически рентабельной эксплуатации. Новые месторождения имеют слабые геолого-промысловые характеристики по сравнению с разрабатываемыми.

Снижение производительности происходит вследствие постепенного снижения пластового давления из-за уменьшения запаса нефти в пласте и ухудшения фильтрации в прискважинной зоне пласта вследствие различных природных явлений и целенаправленной деятельности человека. Поэтому один из важнейших вопросов разработки нефтяных месторождений – методы интенсификации добычи нефти и повышение нефтеотдачи.

Актуальность. Как показали исследования [1,2], существенно увеличить нефтеотдачу скважин позволяет использование электрогидравлического эффекта, и это направление признано перспективным. При электрическом разряде в жидкости, заполняющей скважину, генерируются волны сжатия, вызывая нестационарное движение среды. Переменная нагрузка способствует очистке перфорации колонны и увеличению притока нефти. Для оценки зоны эффективной очистки скважины необходимо знать поле давлений, возникающее в среде при электрическом разряде.

Целью настоящего исследования является расчет поля давлений при электрическом разряде в нефти, а также адаптация методов расчета гидродинамических полей для воды на расчеты параметров нефти.

Формулировка математической модели. Для оценки гидродинамических параметров при электрическом разряде в нефти рассмотрена задача о движении жидкости при электрическом разряде в цилиндрической трубе, заполненной изнутри и окруженной снаружи жидкостью – нефтью. Необходимо определить распределение давления на стенке трубы.

В начальный момент жидкость покоится, давление в ней всюду одинаковое. Труба считается тонкостенной, деформируемой. Предполагается, что разряд инициирован вдоль оси трубы. Источником движения

жидкости является парогазовая полость, образующаяся при подводном искровом разряде. Взаимодействие парогазовой полости с жидкостью носит сложный динамический характер, задачи о движении полости и жидкости решаются совместно. Среда в полости считается идеальным газом с эффективным показателем адиабаты $\gamma = 1,25$, закон ввода энергии считается заданным, на границе полости не происходит никаких фазовых превращений, граница является непроницаемой в смысле переноса тепла и вещества [3]. Уравнение баланса энергии в полости имеет вид:

$$\gamma p_c \frac{dV_c}{dt} + V_c \frac{dp_c}{dt} = (\gamma - 1)N(t).$$

Здесь p_c и V_c – давление в полости и её объём, t – время, $N(t)$ – закон подвода электрической мощности в полость.

Кратковременность ввода энергии приводит к существенной нестационарности в жидкости, что требует учета её сжимаемости. Быстротечность процесса позволяет пренебречь её вязкостью и теплопроводностью. В принятой постановке движение жидкости описывается системой уравнений нестационарной газовой динамики, которая в квазиодномерном случае имеет вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + u \frac{\partial \rho}{\partial r} + \rho \frac{\partial u}{\partial r} &= -\frac{\rho u}{r}, \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial r} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r}. \end{aligned}$$

Здесь t – время, r – радиальная координата, u – осевая скорость, ρ – плотность, p – давление. Уравнение состояния нефти взято в форме Тэйта [4]:

$$p = B \left[(\rho / \rho_0)^n - 1 \right],$$

где ρ_0 – плотность жидкости при нормальных условиях, n – показатель адиабаты жидкости, B – константа, слабо зависящая от температуры.

Результаты вычислений. Из анализа экспериментальных данных для нефти из различных месторождений [5,6] получен диапазон изменения значений констант в уравнении состояния нефти: $\rho_0 = 760 \dots 850 \text{ кг/м}^3$, $n = 11,19$, $B = 119,6 \dots 128,3 \text{ МПа}$ (при $T = 300 \text{ К}$). Расчетная скорость звука в нефти $a = (\partial p / \partial \rho)_s^{1/2}$ составляет $1317 \dots 1350 \text{ м/с}$, что хорошо согласуется с экспериментом.

Решение поставленной задачи выполнено численно методом характеристик С.Н. Годунова. В расчетах варьировались константы уравнения состояния нефти, величина энергии, подводимой в канал разряда, размеры трубы, начальное давление нефти. Также было проведено сравнение поля давлений в воде и в нефти для различных моделей процесса.

При электрическом разряде в безграничном объеме получено качественное совпадение кривых распределения давления в воде и в нефти. Количественные различия и сдвиг кривых по времени обусловлены боль-

шей упругостью воды и большей скоростью звука в ней (скорость звука в воде $a = 1460$ м/с). Аналогичные расчеты, проведенные для жесткой недеформируемой трубы и упруго-деформируемой стальной трубы (толщина трубы 10 мм, модуль упругости материала $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, радиус трубы $R = 50$ мм, плотность стали $\rho = 7800$ кг/м³) показали, что заметное различие для воды и для нефти состоит в сдвиге распределений по времени. Давление на упругой трубе несколько меньше, чем на жесткой.

Заключение. Из проделанных расчетов можно сделать вывод, что качественно расчеты для нефти и для воды совпадают. Поэтому предварительные расчеты и эксперименты можно проводить на воде.

Сравнение также позволяет распространить хорошо отработанные методы, подходы и результаты, полученные при исследовании движения воды при электрическом разряде, на подобные процессы в нефти.

Список литературы

1. Малюшевский П.П. К вопросу о механизме электроразрядной интенсификации притока флюидов в скважины / П.П.Малюшевский, А.П.Малюшевская // Электронная обработка материалов. – 2014, т. 50, №6. – С.66-73.
2. Борткеич С.В. Гидроударная технология для повышения нефтедобычи и нефтеотдачи. Нефтегазовые технологии / С.В.Борткеич, В.О.Вуден, С.А.Костров. – М.: Топливо и энергетика, 2005. – С.5-7.
3. Кривицкий Е.В. Динамика электровзрыва в жидкости / Е.В.Кривицкий. – Киев: Вища школа, 1986. – 208 с.
4. Коул Л. Подводные взрывы / Л.Коул. – М.: Иностранная литература, 1950 – 494 с.
5. Расторгцев Ю.Л. Уравнение состояния Тейта и его проверка по экспериментальным данным / Ю.Л.Расторгцев, Е.В.Ковальский // Известия вузов. Нефть и газ. – 1975. – № 8. – С. 58-60.
6. Мамедов А.М. Об уравнении изотермы Тейта / А.М.Мамедов, М.В.Иманова // Известия вузов. Нефть и газ. – 1983. – № 5. – С.39-43.

УДК 538.953

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МИКРОВОЛНОВОЙ СУШКИ

Мироненко Ю.И.,

Головчан А.В., канд. физ.-мат. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

MirinenkoJulia1@gmail.com

Микроволновый способ сушки основан на воздействии на обезвоживаемый продукт интенсивного электромагнитного поля сверхвысоких частот (СВЧ). Под действием СВЧ поля молекулы воды (диполи) начинают совершать колебательные и вращательные движения, ориентируясь с частотой поля по его электрическим линиям. Разогрев

происходит во всем объеме продукта, причем более влажные участки получают больше энергии. За счет этого происходит удаление влаги, сушка продукта и выравнивание влажности в объеме продукта. При снижении влажности сырья процесс сушки продукта не замедляется, поскольку механизм теплопроводности не играет ключевой роли.

Микроволновая сушка рыбы, мяса, грибов, круп, овощей и фруктов характеризуется малым временем и относительно низкой температурой процесса, что применительно к пищевым продуктам обуславливает очень высокую сохраняемость полезных веществ и витаминов.

Источником энергопотребления генераторов СВЧ-энергии является только электроэнергия, что обеспечивает их исключительную экологическую чистоту. Единственное ограничение этого метода – относительно низкий (60 %) КПД преобразования энергии электрического тока в энергию СВЧ-поля в микроволновом оборудовании. В этой связи целесообразно применять микроволновое оборудование при низких влажностях продукта (ниже 50 %).

Под воздействием интенсивного СВЧ-поля происходит практически полное уничтожение микрофлоры (обеззараживание продукта), что многократно увеличивает срок хранения полученного продукта.

Влажные материалы являются поляризационно-релаксационными системами, в которых приложенное напряжение электрического и магнитного полей распространяется не мгновенно, а с некоторой скоростью, характеризующейся периодами релаксации.

Это свойство влажных материалов обуславливает их нагревание в переменном электрическом поле (сушка токами высокой частоты).

Отличительной особенностью нагрева влажных материалов токами высокой частоты при условии тепло- и влагоизоляции поверхности тела и равномерного распределения влагосодержания является равномерное выделение тепла во всем объеме влажного тела за счет превращения электрической энергии в тепло. Это дает возможность получить очень большие скорости подвода тепла, точнее исключительно мощные источники тепла, равномерно распределенные внутри тела. Однако в реальных условиях процесса теплообмен тел с окружающей средой приводит к образованию поля температур, которое, в свою очередь, вызывает перенос влаги, а следовательно, и образование поля влагосодержаний. Поля температур и влагосодержаний влияют на локальные (местные) источники тепловыделения, что в конечном итоге приводит к неравномерному нагреву влажного материала, которое и обуславливает процесс нагревания влажного тела.

Если обозначить через Q_v количество выделяемого тепла в материале в единице объема материала ($вт/см^3$), то можно написать:

$$Q_v = 0,555E^2\nu\varepsilon \operatorname{tg} \delta, \quad (1)$$

где E – напряженность внешнего электрического поля, (в/см); ν – частота; ε – диэлектрическая постоянная или диэлектрическая проницаемость; δ – угол диэлектрических потерь [3].

Диэлектрическая проницаемость ε и $\operatorname{tg} \delta$ (тангенс угла диэлектрических потерь) составляют основные электрофизические характеристики важных материалов. Произведение ε на $\operatorname{tg} \delta$ ($k = \varepsilon \operatorname{tg} \delta$) характеризует коэффициент диэлектрических потерь; он зависит от влагосодержания материала и частоты ν .

Нагрев влажного материала токами высокой частоты происходит достаточно интенсивно, поэтому скорость испарения во много раз превышает скорость переноса пара внутри пористого тела. Внутри тела возникает градиент общего давления при температуре материала выше 60° . Этому явлению способствует диффузия скольжения в макрокапиллярах и эффузионное натекание воздуха в микрокапиллярах, поскольку температура в центре образца материала больше, чем на его поверхности.

Если в процессе конвективной сушки температурный градиент препятствовал перемещению влаги к поверхности тела (температура на поверхности больше, чем в центре тела), то при высокочастотной сушке термодиффузия влаги направлена от центра к поверхности тела. Однако распределение влагосодержания $u(x)$ имеет обратный характер (влагосодержание на поверхности больше, чем в центре). Следовательно, концентрационная диффузия влаги направлена от поверхности тела. Аномальный градиент влагосодержания объясняется не только потоком термодиффузии влаги ($\delta \nabla T > \nabla u$), но и наличием источника пара внутри тела. Испарение воды происходит во всем объеме тела, причем в центре тела больше, чем на поверхности, так как температура центральных слоев значительно выше температуры поверхностных слоев. Вследствие этого возникает градиент общего давления, который является основной движущей силой переноса пара внутри тела.

Кроме того, в переменном электрическом поле имеет место перенос влаги под действием термодинамической силы $\tilde{E} = E - E_{eq}$ (E – мгновенное значение вектора напряженности и электрического поля, E_{eq} – равновесно его значение). Таким образом, поток влаги равен:

$$j = -a_m \rho_0 \nabla u - a_m \rho_0 \delta \nabla T - K_p \nabla p - a_m^3 \rho_0 \tilde{E}. \quad (2)$$

Отсутствие экспериментальных данных по электродиффузии влаги ($a_m^3 \rho_0 \tilde{E}$) не позволяет оценить величину электродиффузионного потока влаги этой величиной мы пренебрегаем.

Система дифференциальных уравнений тепло- и влагопереноса имеет вид:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \nabla^2 t + \frac{\varepsilon}{cr} \frac{\partial u}{\partial \tau} + \frac{Q_v}{c \rho_0}; \quad (3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = a_{m2} \nabla^2 u + a_{m2} \delta_2 \nabla^2 t + \varepsilon \frac{\partial u}{\partial \tau}; \quad (4)$$

$$\frac{\partial p}{\partial \tau} = a_p \nabla^2 p + \frac{\varepsilon}{c_B} \frac{\partial u}{\partial \tau}, \quad (5)$$

где a_p – коэффициент конвективной диффузии, $a_p = K_p / c_B \rho_0$; c_B – емкость тела по отношению к влажному воздуху, прямо пропорциональная пористости Π , т.е.

$$c_B = \Pi_T \left(\frac{\partial \rho}{\partial p} \right)_T = \Pi b; \quad (6)$$

ρ – плотность влажного воздуха в порах и капиллярах тела. Источник тела Q_v определяется формулой (1).

Из системы дифференциальных уравнений получаем, помимо известных критериев Lu , Lu_p , Ko , Pn , Fo , ряд следующих чисел и критериев:

$$Fo_p = \frac{a_p \tau}{R^2}; \quad Po = \frac{Q_v R^2}{\lambda T_c}; \quad K_1 = \frac{u_0}{c_B \rho_0}; \quad (7)$$

$$K_c = \frac{rc_B \rho_0}{c T_c} = \frac{Ko}{K_1}, \quad (8)$$

где K_c – критерий аккумулирующей способности тела, равный отношению паросодержания влаги тела к его теплосодержанию [4].

Список литературы

1. Руденко Н.Б. Процессы сушки зерновых материалов с использованием ЭМП СВЧ / Н.Б. Руденко, А.Н. Васильев. – М: Изд-во «Агроинженерия», 2011. – 172 с.
2. Шубин Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины / Г.С. Шубин. – М: Лесная промышленность, 1990. – 336 с.
3. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.
4. Лыков А.В. Тепло- и массообмен в процессах сушки / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1956. – 464 с.

РАЗРАБОТКА ФЛУОРИМЕТРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КРИВОЙ ИНДУКЦИИ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА

Перебейнос В.В., Саакян О.Н., Романчук Н.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

v.perebeinis@gmail.com

Введение. Сегодня трудно себе представить полноценную систему экологического мониторинга без элементов биомониторинга. Анализ физико-химических параметров дает количественную характеристику конкретного загрязнителя. Биомониторинг позволяет получить информацию о биологических последствиях изменения среды под воздействием поллютантов. Актуальность биомониторинга обусловлена также простотой, скоростью и дешевизной определения качества среды. Во многих случаях биоиндикация позволяет быстро обнаружить наиболее загрязненные местообитания.

Благодаря широкому распространению автоматизированных систем экологического мониторинга, возникает потребность в автоматизации технологий биомониторинга. **Актуальным** является разработка аппаратуры для получения информации о состоянии живого организма с возможностью интегрирования этой информации в программно-аппаратные комплексы экологического мониторинга. Одним из самых информативных методов является метод флуориметрии, позволяющий не только определять количество биомассы фотосинтезирующего биоиндикатора в исследуемом образце, но и оценить физиологическое состояние фотосинтетического аппарата биообъекта. В ДонНУ разрабатываются основы технологии автоматизированного биомониторинга водной среды с использованием флуориметрии хлорофилла фитопланктона.

Целью данной работы является разработка флуориметра, в функционал которого входит построение кривых индукции флуоресценции хлорофилла, что позволит оценить взаимодействие фотохимических реакций в световой фазе фотосинтеза и эффективность биохимических реакций во время темновой фазы. По характеру кривой индукции можно будет судить о некоторых характеристиках фотосинтетического аппарата исследуемого образца и динамике протекания реакций фотосинтеза [1].

Результат. В настоящей разработке был использован метод прямой регистрации флуоресценции хлорофилла. Разработанный флуориметр регистрирует основные параметры флуоресценции, определяемые по форме быстрой фазы кривой индукции. Прибор оснащен источником света с регулируемой интенсивностью света (до $2400 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$).

Оптический блок рассчитан так, чтобы обеспечить равномерное распределение света заданной интенсивности по всему объему измерительной кюветы [2]. В роли детектора выступает фотоэлектронный умножитель, выполненный в виде модуля с малыми размерами и низким напряжением питания (+5 В). Микроконтроллер, работающий на частоте 160 МГц, обеспечивает быстрое и точное проведение измерения с разрешением по времени 10 мкс. Это позволяет производить детальное рассмотрение быстрой фазы индукции флуоресценции хлорофилла. Для измерения медленной фазы индукции флуоресценции, где процессы не столь скоротечны, предусмотрена возможность перехода на разрешение по времени равное 1 мс. Оцифрованные данные через интерфейс USB передаются на ПК для дальнейшей математической обработки и анализа. Управление флуориметром осуществляется с помощью разработанного программного обеспечения с графическим интерфейсом. ПО позволяет: задавать протокол измерения, его продолжительность и режим; управлять усилением фотоприемника; строить графики кривой индукции флуоресценции и проводить их экспресс анализ.

В **заключении** стоит отметить, что существует ряд методов измерения индукционной кривой. С помощью методов импульсного модулирования, флуоресценция хлорофилла может быть измерена при наличии дополнительного источника света с любым спектральным составом. Применение таких методов обеспечивает надежное измерение уровня начальной флуоресценции. В дальнейших разработках следует рассмотреть методы импульсного модулирования детальнее, т.к. они, помимо прочего, дают более полную картину о работе фотосинтетического аппарата. Фотоэлектронный умножитель может быть заменен на лавинный фотодиод, что значительно удешевит прибор и позволит сделать его более компактным.

Список литературы

1. Murkowski A. Oddziaływanie czynnikow stresowych na luminescencję chlorofilu w aparacie fotosyntetycznym roślin uprawnych. / A. Murkowski // Monografia 61. – Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, Lublin – 2002.
2. Беспалова С.В. Моделирование оптических параметров источников возбуждения импульсно-модулированного флуориметра / С.В.Беспалова, С.М.Романчук, Б.А. Готин и др. // Вестник ДонНУ. Сер. А: Естественные науки. – 2018. – №1. – С.69-75 – ISSN 2415–7058.
3. Гольцев В.Н. Переменная и замедленная флуоресценция хлорофилла *a* – теоретические основы и практическое приложение в исследовании растений. / В.Н.Гольцев, М.Х.Каладжи, М.А.Кузманова, С.И.Аллахвердиев // М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2014 – С.51–53 – ISBN 9785–4344–0780–7.

ИЗМЕРЕНИЕ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ТУРБУЛЕНТНЫХ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОАНЕМОМЕТРА ПОСТОЯННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

*Пометун Е.Д., Болонов Н.И., д-р техн. наук, профессор,
Лебедев В.Н., Крюкова В.И., Кириллова Л.М., Гелашвили П.С.*
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
Alternativa19031992@rambler.ru

Введение. При изучении явлений в атмосфере важную роль играет прогнозирование распределения турбулентных потоков воздуха, особенно в регионах с большой концентрацией выбросов загрязняющих веществ из труб промышленных предприятий. В процессе моделирования, для измерения средних и турбулентных характеристик воздушных потоков широкое распространение получил термоанемометрический метод, в частности термоанемометр постоянной температуры, отличающийся высокими метрологическими характеристиками, по сравнению с термоанемометром постоянного тока [1]. Недостатками термоанемометра постоянной температуры являются: нелинейность градуировочной характеристики и особенности реакции обратной связи на быстро изменяющиеся условия теплообмена датчика с окружающей средой, приводящие к возникновению погрешностей, искажающих результаты измерений в турбулентных газовых потоках [1, 2]. Целью данной работы является изучение источников погрешностей, возникающих при использовании термоанемометра постоянной температуры в турбулентных газовых потоках и анализ путей их минимизации.

Основная часть. Рассмотренные источники погрешностей были условно разделены на два типа: погрешности первого типа, возникающие вследствие использования некорректных алгоритмов обработки выходного сигнала термоанемометра (методическая погрешность), и второго типа, вызванные особенностями работы датчика термоанемометра в системе обратной связи (инструментальная погрешность).

Предположим, что в потоке были созданы гармонические колебания пульсаций скорости ΔV_1 и ΔV_2 относительно среднего значения скорости V_0 , тогда мгновенное значение скорости равно:

$$V = V_0 \cdot (1 + k \cdot \sin(t)), \quad (1)$$

где V_0 - средняя скорость потока, ω - круговая частота, k - относительная амплитуда колебаний равная отношению:

$$k = \frac{\Delta V_1}{V_0} = \frac{\Delta V_2}{V_0} \quad (2)$$

Среднее значение электрического напряжения $E(k)$ на выходе ТА ПТ с учетом соотношений (1) и (2) примерно равно:

$$E(k) \sim \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left(\sum_{i=0}^4 b_i \cdot (V_0 \cdot (1 + k \cdot \sin(t)))^i \right) \cdot dt. \quad (3)$$

Учитывая, что интенсивность турбулентности и относительная амплитуда колебаний скорости потока связаны соотношением

$$\gamma = \sqrt{(k \cdot \sin(t))^2} \approx 0.707 \cdot k, \quad (4)$$

тогда, соотношение (8) запишем в виде

$$E(\gamma) \sim \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left(\sum_{i=0}^4 b_i \cdot (V_0 (1 + 1.41 \cdot \gamma \cdot \sin(t)))^i \right) \cdot dt. \quad (5)$$

Изменяя параметр γ в соотношении (5) в диапазоне от 0 до 0,5 (от 0 до 50%), получаем величину напряжения E_0 (при $\gamma=0$) и ряд значений $E(\gamma)$, соответствующих интенсивностям турбулентности, равным 1%, 10%, 20%, 40%, 50% (рис.1) и по соотношению (5), рассчитываем величину скорости для каждого значения E_{TA} . На рисунке 1 приведена оценка относительной погрешности, как функции интенсивности турбулентности при гармоническом законе изменения пульсаций скорости в потоке.

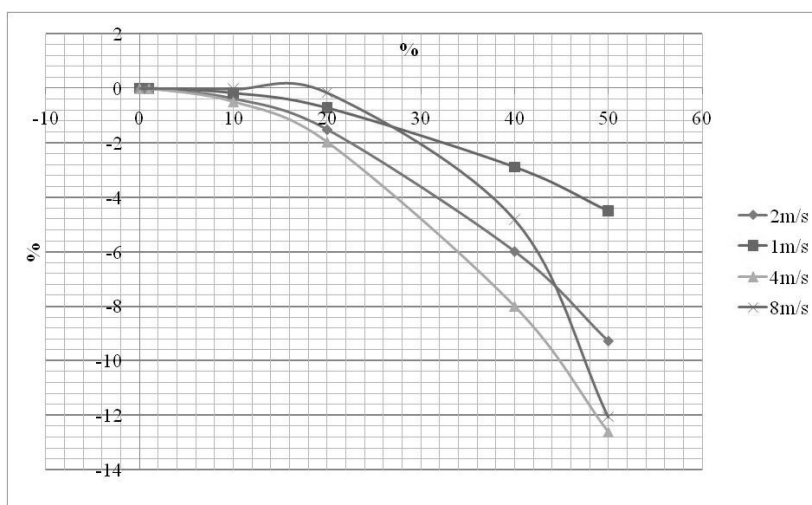


Рис. 1. Величина погрешности, возникающей при интегрировании выходного сигнала ТА постоянной температуры при средних скоростях потока, равных 1 м/с, 2 м/с, 4 м/с, 8 м/с и интенсивности турбулентности в диапазоне от 0 до 50 %

Для устранения погрешности первого типа, необходимо исключить в схеме термоанемометра интегрирующие цепи, ослабляющие амплитуду турбулентных пульсаций. Рекомендуется в процессе обработки выходного сигнала термоанемометра постоянной температуры использовать специальные алгоритмы, причем, в первую очередь необходимо вычислять мгновенную скорость и только потом выполнять другие математические

операции, в частности по статистической обработке данных. Особенностью этой погрешности является влияние величины интенсивности турбулентности на значение средней скорости.

Погрешность второго типа возникает вследствие асимметричной реакции термоанемометра постоянной температуры на увеличение и уменьшения скорости потока, т.е. на нагрев и охлаждение чувствительного элемента (датчика). Погрешность второго типа зависит от скорости потока, интенсивности турбулентности и спектра пульсаций скорости. Как и погрешность первого типа, компенсация данной погрешности требует специальных технических решений при разработке электронной схемы термоанемометра постоянной температуры. Для решения этой задачи были исследованы динамические характеристики термоанемометра в динамических условиях с использованием аэродинамического стенда, создающего стратифицированный воздушный поток, моделирующий ступенчатый испытательный сигнал, путем быстрого перемещения датчика ТА постоянной температуры между двумя стратами [3, 4]. Полученные результаты могут использоваться для разработки устройств и программ при измерениях в турбулентных потоках.

Список литературы

1. Ярин Л.П. Термоанемометрия газовых потоков / Л.П.Ярин, А.Л.Генкин, В.И.Кукес. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. –198 с.
2. Пометун Е.Д. Исследование функций аппроксимации градуировочной характеристики термоанемометра в неизотермическом газовом потоке / Е.Д.Пометун, В.Н.Лебедев // Сборник научных трудов «Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе», №1(8)–2(9)'2015.
3. Пат. 95326 U. Україна, МПК G01P 21/00, G01K 15/00. Спосіб прямого визначення динамічних характеристик термоперетворювачів / М.І. Болонов, Д.А.Чупіс, Д.М. Кузнецов; заявник і патентовласник Донецький національний університет. – №u201405589; заявл. 26.05.2014; опубл. 25.12.2014, Бюл. № 24.
4. Пометун Е.Д. Моделирование функции Хэвисайда в рабочей части аэродинамической трубы / Е.Д.Пометун, Н.И.Болонов, В.В.Белоусов, В.Н.Лебедев// Сборник статей 9-й международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения». – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2016. – 267-269 с.

РАЗРАБОТКА ДВУХОСЕВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ ВОДЫ

Романчук С.М., Готин Б.А., Подгайнов С.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

romanchuksm@gmail.com

Введение. При решении задач контроля состояния водных объектов наряду с использованием стационарных точек замера параметров широко используется оперативный мониторинг мобильными средствами измерения. Сферы применения мобильных измерительных систем распространяются от гидрофизических исследований морей, экологического мониторинга поверхностных вод, до мониторинга сетей водоснабжения. Учитывая современные тенденции к развитию интеллектуальных измерительных систем, облачных технологий и снижению стоимости вычислительных мощностей перспективным является объединение измерителей в единую сеть, что позволит автоматизировать процесс обработки данных.

Актуальность. Требования к измерительной аппаратуре для таких систем имеют свою специфику: пониженное энергопотребление, компактность, малую инерционность, возможность быстрого монтажа на объекте. Скорость течения воды является одним из показательных параметров при мониторинге водных объектов. Наиболее перспективным измерителем для данных задач является электромагнитный измеритель зондового типа. Для соответствия современным требованиям к таким измерителям необходима разработка интеллектуального электромагнитного датчика. Несмотря на то, что электромагнитные измерители скорости течения разрабатываются десятилетия, разработка новых решений остается актуальной задачей в виду непрерывного развития электроники и методов цифровой обработки сигналов.

Целью данной работы была разработка измерительного преобразователя для нахождения эпюр скоростей в открытых русловых потоках, каналах, других водоемах, определения орбитальных волновых скоростей в прибрежных зонах моря, а также для измерения компонент скорости движущихся морских объектов.

Результаты. Создана измерительная схема двухкомпонентного датчика с использованием микроконтроллера STM32L476RC. Схема включает в себя два измерительных канала и цепи возбуждения электромагнита для поддержания стабилизированного тока возбуждения. Для изменения направления протекания тока в электромагните использован Н-мост управляемый микроконтроллером.

Разработано прикладное программное обеспечение для управления измерительным процессом, обработки данных сигнала с первичного измерительного преобразователя, настройки параметров электромагнитного измерителя и предоставления информации пользователю. Программное обеспечение имеет гибкую структуру настроек. Набор базовых параметров хранится в энергонезависимой памяти микроконтроллера. Измеритель имеет три основных режима работы: режим измерений, режим калибровки и «спящий режим». «Спящий режим» предполагает полноценное включение питания датчика по результатам мониторинга показаний других датчиков измерительной системы, либо по времени. Были отработаны схемотехнические и программные решения по уменьшению уровня шумов сигнала, получаемого с измерительных электродов. В программном обеспечении микроконтроллера реализован программный синхронный детектор для увеличения соотношения сигнал/шум, а, следовательно, и увеличения точности измерителя. В зависимости от внешних условий, датчик может измерять либо в режиме повышенной точности при большей инерционности, либо пониженной точности и с большим быстродействием.

В заключении необходимо отметить перспективность использования микропроцессорной техники в создании интеллектуальных измерительных систем. Возможность интегрировать в датчики современные аналого-цифровые преобразователи и микропроцессоры обеспечивает возможность улучшения метрологических и эксплуатационных характеристик.

Также следует заметить, что при использовании прибора в составе автономной мобильной системы контроля водных объектов, немаловажными факторами будет его энергопотребление и массогабаритные показатели. В дальнейшей разработке измерителя и первичного преобразователя стоит обратить на этот факт особое внимание.

Список литературы

1. Силенко Е.М. Использование магнитогидродинамического метода в измерителях поля скорости потока жидкости / Е.М.Силенко, В.Г.Чеплюков // Физическая гидродинамика. Сборник научных трудов. – Донецк: ДонГУ. 1990. – С. 9- 98.
2. Двухкомпонентный электромагнитный первичный измерительный преобразователь скорости электропроводящей жидкости / В.Е. Силенко, Е.М. Силенко, С.Е. Силенко и др. // Современные проблемы физико-математического образования: Сборник материалов VII Международной заочной научно-практической конференции. Орехово-Зуево, 12 декабря 2017 г. – С. 86-89.
3. Цифровой электромагнитный измеритель расхода жидкости / В.Е. Силенко, Е.М. Силенко, С.Е. Силенко и др. // Современные проблемы физико-математического образования: Сборник материалов VI Международной заочной научно-практической конференции. Орехово-Зуево, 12 декабря 2016 г. – С. 61–64.

ИЗМЕРИТЕЛИ ПОЛЯ СКОРОСТИ ДЛЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

*Силенко Е.М.¹, канд. техн. наук,
Силенко С.Е.¹, Готин Б.А.¹, Пригода Н.А.¹,
Силенко В.Е.², канд. физ.-мат. наук*

¹ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

²Государственный гуманитарно-технологический университет, г. Орехово-Зуево, Россия
turbdon@mail.ru

Введение. В настоящее время особо остро стала проблема экологии и охраны окружающей среды, для решения которой производятся экспериментальные исследования, мониторинг состояния водных и воздушных бассейнов, рек, водоемов, морей и океанов, поскольку интенсивное использование водных ресурсов, связанное с расходом, потерями и, главным образом, загрязнением вод оказывает существенное влияние на состояние гидросферы в глобальных масштабах.

Решение этой проблемы требует разработки информационно-измерительной аналитической системы управления состоянием окружающей среды, основанной, в том числе, на постоянном автоматизированном мониторинге гидрологического состояния природных питающих водных объектов и их водотоков с целью:

- рационального использования водных ресурсов – расходование и потери;
- оптимизации функционирования систем водозабора и водоснабжения;
- контроля качества вод, источников загрязнений и состояний сточных гидротехнических сооружений.

Для решения этих и других практических проблем в СКТБ «Турбулентность» был проведен ряд опытных работ и исследований.

Актуальность (социальная значимость). В процессе разработки автоматизированной системы мониторинга состояния водных и водоснабжающих объектов актуальным является создание высокоточных автономных измерителей динамических характеристик потоков – скорости и расхода. Разработка одно и двухкомпонентных измерителей скорости предназначена, прежде всего, для нахождения эпюр скоростей в трубопроводах систем водоснабжения, открытых русловых потоках, каналах, других водоемах, определения орбитальных волновых скоростей в прибрежных зонах моря, а также может быть использована для измерения компонент скорости движущихся морских объектов.

Типичная для территории Донецкой области урбанизация изменяет речную сеть и водосборные площади, сток воды и наносов, температурный

режим водотоков, влияет на ход русловых процессов. В этих условиях многие закономерности, установленные ранее для водотоков оказываются сомнительными, либо вовсе непригодными. Таким образом, возникает настоятельная необходимость проведения периодических гидрологических обследований на участках рек и естественных водоемов, подверженных влиянию урбанизации.

Гидрологическое обследование включает в себя определенный перечень проводимых работ:

- расчет водного баланса (притоков и стоков, испарения с поверхности воды, учет атмосферных осадков);
- наблюдения динамики водных масс, в том числе, измерение течений;
- измерение характеристик термического режима – температуры воды водоемов;
- определение гидрохимических характеристик, в частности минерализации воды водоемов, степени их загрязнения.

Как видно, основными видами работ в этом перечне являются определение динамических характеристик потока – измерение природных расходов воды, съемки скоростного поля, наличие течений, определение степени загрязнения. Для проведения таких работ необходимо иметь соответствующие метрологически аттестованные измерители и оборудование.

Целью и основной задачей на решение которой была направлена настоящая разработка является создание перспективных и оптимальных конструкций одно и двухкомпонентных электромагнитных измерительных преобразователей скорости потока жидкости, гидрологических комплексов с использованием этих преобразователей. Помимо развития самого метода измерения, целью разработки датчиков является также улучшение самой методики измерения за счет выполнения непосредственно измерительным комплексом необходимых вычислений, с накоплением и дистанционной передачей данных.

Результаты. С помощью разработанных измерителей были проведены следующие работы и исследования:

- организован постоянный мониторинг и периодические локальные обследования систем городского водоснабжения;
- осуществлено измерение объемного расхода и профиля скорости в заданных конкретных местах на напорных трубопроводах среднего и большого диаметров без переустройства трубопровода и нарушения режима подачи воды с дистанционной передачей результатов измерений.

По заданию Управления экологической безопасности Донецкого горсовета сотрудниками СКТБ «Турбулентность» были проведены гидрологические обследования состояния Донецкого водохранилища (Донецкого моря) с его четырьмя водотоками, а также водотоков каскада

городских прудов (Первый, Второй, Третий). В отчетных материалах представлены результаты гидрологических обследований фактического состояния водоемов и их водотоков.

Заключение. Измерители скорости потока, основанные на использовании электромагнитного метода, получили широкое распространение в практике гидрологических обследований [1]. В последнее время рядом организаций как в России, так и за ее пределами ведутся поиски перспективных и оптимальных конструкций электромагнитных измерительных преобразователей скорости потока жидкости, гидрологических комплексов с использованием этих преобразователей [<http://www.typhoon.obninsk.ru/>] [2, 3].

Технический результат разработки позволил получить конкретную и стабильную диаграмму направленности измерителя и, тем самым, однозначно определять ту или иную компоненту скорости потока. Введение концентраторов в конструкцию преобразователя позволило формировать в области измерительных электродов магнитное поле повышенной напряженности, увеличивая тем самым в процессе измерения соотношение сигнал/шум.

Результаты разработок и исследований отражены в отчетах по госбюджетным НИР, а также были представлены на Международных научно-практических конференциях [4, 5].

Список литературы

1. Силенко Е.М. Использование магнитогидродинамического метода в измерителях поля скорости потока жидкости / Е.М.Силенко, В.Г.Чеплюков // Физическая гидродинамика. Сборник научных трудов. – Донецк: ДонГУ, 1990. – С. 93-98.
2. Патент RU 2399059, МПК G01P 5/08. Двухкомпонентный датчик измерителя скорости электропроводящей жидкости / Ю.А. Ганьшин (RU), В.Я. Лавров (RU). Заявл. 07.04.2009. Оpubл. 10.09.2010. Бюл. №25.
3. Патент RU 2133038, МПК G01P 5/08. Электромагнитный измеритель скорости водного потока / А.В. Дунец (RU), Р.Д. Косьян (RU), И.С. Подымов (RU). Заявл. 1997. Оpubл. 10.07.1999.
4. Силенко В.Е. Цифровой электромагнитный измеритель расхода жидкости / В.Е.Силенко, Е.М.Силенко, С.Е.Силенко и др. // Современные проблемы физико-математического образования: Сборник материалов VI Международной заочной научно-практической конференции. Орехово-Зуево, 12 декабря 2016 г. – С. 61–64.
5. Силенко В.Е. Двухкомпонентный электромагнитный первичный измерительный преобразователь скорости электропроводящей жидкости / В.Е.Силенко, Е.М.Силенко, С.Е.Силенко и др. // Современные проблемы физико-математического образования: Сборник материалов VII Международной заочной научно-практической конференции. Орехово-Зуево, 12 декабря 2017 г. – С. 88-91.

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ ДОБАВОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ШАХТНЫХ УСТАНОВОК КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Симоненко А.П., д-р техн. наук, ст. науч. сотр.,

Асланов П.В., канд. физ.-мат. наук, доцент,

Гучмазова Т.К.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

guchmazova@bk.ru

Состояние проблемы. Анализ результатов работы оперативных и других подразделений Министерства по чрезвычайным ситуациям, основной задачей которых является предупреждение аварий техногенного происхождения, указывает на необходимость создания более эффективных энергосберегающих технологий и технологий по защите окружающей среды.

Значительная часть электроэнергии используется в трубопроводном транспорте, в котором особое место занимают системы централизованной подачи тепла и холода. При этом следует отметить, что особое место среди таких гидравлических систем занимают системы, эксплуатация которых происходит в чрезвычайных ситуациях с ограниченными энергоресурсами. В таких системах большая часть энергии расходуется на преодоление сил гидродинамического сопротивления турбулентного трения (ГСТТ). Многочисленные исследования, выполненные зарубежными и отечественными учеными, показывают, что введение в перекачиваемую жидкость микродобавок водорастворимых высокомолекулярных полимеров (ВП) с линейной структурой макромолекул и некоторых МПАВ, при величине эффекта снижения ГСТТ на 50-80% в напорных трубопроводах позволяет: либо увеличить расход жидкости по трубопроводу в 1,41-2,24 раза, либо уменьшить затрачиваемую для перекачки жидкости насосами мощность на (50-80)%, либо увеличить прямолинейные участки трубопроводов в 2,0-5,0 раз, либо уменьшить внутренний диаметр используемых труб на 13-28 %.

Для создания нормальных тепловых условий труда в подготовительных и очистных забоях глубоких угольных шахт используются стационарные шахтные холодильные установки, известные в литературе и в проектной документации как шахтные установки кондиционирования воздуха (ШУКВ). Шахтная стационарная холодильная установка представляет собой сложную гидравлическую систему в состав которой входят: холодильная станция, насосы, теплообменники высокого давления (ТВД), воздухоохладители, трубопроводы промежуточного и основного хладоносителей. Подача холода от холодильной станции, которая обычно расположена на поверхности, к воздухоохладителям осуществляется путем

циркуляции по трубопроводам охлаждённых рассолов (промежуточный хладоноситель) и воды (основной хладоноситель). При этом передача холода от промежуточного хладоносителя к основному происходит в ТВД.

В качестве промежуточных хладоносителей обычно используют водные растворы хлористого кальция CaCl_2 или хлористого натрия NaCl при следующем соотношении компонентов: 95-60 вес. % воды и 40-45 вес. % CaCl_2 или NaCl . Анализ результатов работы ШУКВ, используемых в угольных шахтах, показал, что их холодильный коэффициент лежит в пределах 0,3-0,4. Наряду с этим было установлено, что основные потери холода приходятся на диссипативные потери, (переход механической энергии движущегося хладоносителя в тепло), величина которых составляет 65-80 %.

Цель работы. Решение экологических и энергетических проблем ШУКВ путем использования промежуточного и основного хладоносителей со сниженным ГСТТ за счет применения гидродинамически-активных ВП и МПАВ.

В соответствии с целью настоящей работы, на основе результатов исследований, полученных в ДонНУ и опубликованных другими авторами, приведена комплексная оценка возможности практического применения промежуточного и основного хладоносителей со сниженным гидродинамическим сопротивлением трения для повышения эффективности работы ШУКВ.

Промежуточный хладоноситель. В работах [1,2] приведены результаты экспериментальных исследований по разработке состава промежуточного хладоносителя ШУКВ на основе водного раствора хлористого натрия и высокомолекулярного ПАА, который характеризуется сниженным гидродинамическим сопротивлением турбулентного трения (ГСТТ) в напорных трубопроводах. В процессе исследований была установлена совместимость солей повышенных концентраций с добавками ПАА, а также установлен эффект снижения гидродинамического трения, максимальное значение которого составило 50 % в диапазоне чисел Re $6 \cdot 10^4$ – $6 \cdot 10^5$. Результаты показали увеличение эффекта снижения сопротивления трения с понижением температуры.

Основной хладоноситель. Для повышения эффективности работы ШУКВ в ДонНУ были разработаны составы хладоносителя на основе промышленных МПАВ (паст диталан OTS и метаупон).

Метаупон и диталан OTS эффективно снижают гидродинамическое сопротивление трения воды только в присутствии электролитов, оптимальные концентрации которых, например, по хлористому натрию, равны 3 и 8 % соответственно. Указанные ПАВ являются анионактивными, поэтому с целью устранения гидролиза водородный показатель среды их растворов необходимо поддерживать в диапазоне $\text{pH} = 9-11$ (например, за счет введения в раствор небольшого количества едкого натра). Диталан OTS мало эффективен при температурах больше 80 °С, однако в области низких

температур сохраняет высокую гидродинамическую эффективность. Это открывает широкие перспективы его применения в составе хладоносителей систем умеренного холода. Проведенные натурные испытания данных составов хладоносителя показали уменьшение энергозатрат на его циркуляцию в системе ШУКВ на 50 %.

Влияние добавок на работу теплообменных аппаратов. На ряду со снижением ГСТТ добавки ВП и МПАВ уменьшают турбулентный теплообмен, что может привести к снижению КПД теплообменных аппаратов. Кроме того аналитически было определено влияние снижающих гидравлические потери добавок на холодопотери, вызванное диссипацией, для труб диаметром 100 и 360 мм. Расчеты показали, что вводимые в хладоноситель добавки МПАВ и ВП существенно уменьшают диссипативные потери и соответственно снижают энергозатраты на производство холода, что позволяет в значительной мере повысить общехолодильный коэффициент ШУКВ [4].

Проведенные исследования показали, что эффективное использование добавок МПАВ на работу теплообменных аппаратов накладывает определенные ограничения на верхний предел его концентрации в хладоносителе. Так, например в разработанном хладоносителе оптимальная концентрация метаупона не должна превышать 1,85 %.

Таким образом, проведенные исследования показали, что добавки ВП и поверхностно-активных веществ могут быть использованы для повышения эффективности работы замкнутых трубопроводных холодильных систем за счет снижения гидродинамического сопротивления хладоносителей в магистральных трубопроводах и уменьшение магистральных потерь холода [3-4].

Список литературы

1. Хладоноситель для систем умеренного холода // Патент СССР № 416373. 1971. Бюл. №7 / Мельцер Л.З. Эльперин И.Т., Коваленко В.С. Левенталь Л.И., Мельцер В.А.
2. Мельцер Л.З. К вопросу о применения гидравлически-активных присадок в холодильной технике / Л.З.Мельцер, И.Т.Эльперин, В.С.Коваленко, Л.И.Левенталь // ИФЖ, 1973. – № 6. – Т. XXV.
3. Повх И.Л. Применение поверхностно-активных веществ для уменьшения трения жидкостей в технологических аппаратах / И.Л.Повх, А.Б.Ступин, А.П.Симоненко // Аэродинамика в технологических процессах. – М.: Наука, 1981. – С. 230-240.
4. Симоненко А.П. Тепловой режим работы шахтной установки кондиционирования воздуха при использовании хладоносителей со сниженным гидродинамическим сопротивлением трения / А.П.Симоненко, П.В.Асланов, П.К.Костенко // Труды Второго международного научно-практического семинара «Повховские научные чтения». – Донецк: ДонНУ, 2012. – С. 64-66.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Симоненко А.П., д-р техн. наук, ст. науч. сотр.,

Недопекин Ф.В., д-р техн. наук, профессор,

Артемova И.А.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

artyomova_i@mail.ru

Состояние проблемы. Одной из важнейших проблем улучшения экологической обстановки объектов строительства и городского хозяйства являются гидравлические проблемы эксплуатации канализационных систем и систем водоотведения при чрезвычайных ситуациях, а также глубокая очистка сильно загрязненных сточных вод.

Цель работы – применение водорастворимых полимерных композиций в качестве флокулянтов и добавок снижающих гидродинамическое сопротивление турбулентного трения (ГСТТ) для обеспечения экологической безопасности объектов строительства и городского хозяйства.

Снижение гидродинамического сопротивления. Водоотливные шахтные установки и городские хозяйственно бытовые канализационные системы, в период пиковых нагрузок, могут представлять собой яркий пример эффективного использования микродобавок высокомолекулярных полимеров, которые эффективно снижают гидродинамическое сопротивление трения жидкостей.

Первоначально в лабораторных условиях были проведены исследования по оценке гидродинамической эффективности высокомолекулярного ПЭО в шахтной и канализационной водах. Пробы были отобраны из системы водоотлива шахты им. М.И.Калинина ГП «Донецкуголь» и канализационного коллектора г. Донецка. Результаты экспериментов показали, что максимальное снижение ГСТТ (равное 75 %), достигается в шахтной и сточной водах при содержании ПЭО с молекулярной массой $4,8 \times 10^6$ (производства НИИ химической технологии, г. Новосибирск, Россия) равном 0,001-0,007 вес %. Такая же величина эффекта получена при использовании в качестве снижающей турбулентное трение добавки полиакриламида – ПАА с молекулярной массой равной $4,2 \cdot 10^6$, синтезированного в опытном производстве НИФХИ им. Л.Я. Карпова (г. Москва).

Промышленные испытания гидродинамической эффективности тонкодисперсной полимерной суспензии, содержащей 5 вес. % ПЭО и 95 вес. % смеси глицерина с водой, имеющей плотность, равную $1,23 \text{ г/см}^3$.

Испытания проводились на участке трубопровода системы водоотведения шахты им. М.И.Калинина ПО «Донецкуголь» общей длиной 710 м. Выбранный участок состоял из труб диаметром 150 и 100 мм, длина которых составляла 230 и 480 метров соответственно.

Результаты испытаний показали, что через 5 минут с момента начала подачи полимерной композиции в трубопровод гидравлические потери уменьшились на 12 %, а через 15 минут – на 55 % (при равных расходах воды и испытываемого раствора полимерной композиции).

Предварительные оценки технико-экономической эффективности практического применения добавок, снижающих гидродинамическое сопротивление трения, были проведены для канализационной сети г. Донецка, которая обеспечивает перекачку свыше 360 тыс. м³ сточных вод в сутки. При этом в расчетах принимали, что за счет применения полимерных композиций величина эффекта снижения ГСТТ в трубопроводах составит 50 %. Результаты расчета показали, что гидродинамически-активные добавки позволяют: либо сэкономить в час около 85 тыс. кВт электроэнергии (за счет уменьшения энергозатрат на перекачку сточных вод), либо увеличить расход сточных вод в существующих трубопроводах в среднем на 144 тыс. м³ в сутки. Последнее целесообразно использовать в период пиковых нагрузок на канализационную сеть.

Таким образом, применение ВПК на основе ПЭО и ПАА открывает широкие перспективы повышения эффективности работы канализационных систем, систем аварийного водоотлива без привлечения дополнительных мощностей и изменения их конструкции. При этом для каждого конкретного случая необходимо подобрать наиболее эффективную ВПК, которая обеспечит максимальное снижение гидравлических потерь в напорных трубопроводах.

Очистка сточных вод. Ежегодно, только в Донбассе, на поверхность откачивается около 800 млн. м³ шахтных вод загрязненных взвешенными веществами, бактериальными примесями и минеральными солями. Сброс такого количества шахтных вод в наземную гидрографическую сеть вызывает сильное заиливание, засоление и закисление водоёмов, водотоков, дестабилизируя тем самым экологическое равновесие в регионе.

Одним из наиболее перспективных методов очистки шахтных вод является реагентный метод. В настоящей работе, с целью выбора наиболее активных реагентов были апробированы: коагулянты – сернокислый алюминий; хлорное железо и сернокислое железо; флокулянты – полиакриламид ПАА с молекулярной массой $2,2 \cdot 10^6$, полиэтиленоксид ПЭО с молекулярной массой $2,6 \cdot 10^6$ и модифицированный полиакриламид МПАА.

В качестве объектов исследований были выбраны пробы шахтных вод ш/у им. А.Ф. Засядько и им. М. Горького, которые содержали 40,0; 185,0; 210,0; 400,0 и 535,0 мг/л взвешенных веществ. Полученные

результаты показывают, что во всем диапазоне исследованных концентраций для очистки шахтных вод наиболее эффективными являются: из коагулянтов – хлорное железо, из флокулянтов – МПАА, из смеси «коагулянт+флокулянт» – смесь сернокислого алюминия и модифицированного полиакриламида.

При этом также установлено, что для уплотнения осадков, полученных за счет введения коагулянтов, целесообразно использовать МПАА, который значительно эффективнее ПАА и ПЭО.

Одним из эффективных способов очистки сточных вод может также быть применение очистных камер с волосяными ершами и аэрационными трубами. Результаты численных расчетов, проведенных в ГОУ ВПО «ДонНАСА» совместно с ГОУ ВПО «ДонНУ», показали, что изменение плотности примесей в очистной камере уменьшается по степенному закону. Формулы и рисунки представлены в [3].

В настоящее время ведутся работы по изучению совместного влияния процесса флокуляции, гирлянд из волосяных ершей и аэрации на процесс очистки сточных вод. Предполагается, что за счет применения флокулянтов загрязняющие частицы укрупнятся, а, следовательно, будут эффективнее задерживаться волосами ершей. Барботажный эффект, осуществляемый аэрационными трубами, будет препятствовать оседанию образовавшихся флоккул на дно канала. Предполагается, что очистка загрязненной жидкости будет осуществляться эффективнее, что позволит уменьшить длину очистного канала и сократить время очистки.

Таким образом, проведенные исследования показали, что водорастворимые полимерные композиции могут применяться для снижения гидравлических потерь в напорных трубопроводах шахтных систем водоотведения и хозяйственно бытовых канализационных системах, а также для решения вопросов глубокой очистки сточных вод.

Список литературы

1. Симоненко А.П. Решение проблем экологии и техногенно-экологической безопасности путем применения гидродинамически-активных композиций / А.П.Симоненко, П.В.Асланов, А.Ю.Собко, С.А.Фоменко // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. – 2017. – №1. – С. 81-102.
2. Симоненко А.П. Гидродинамически-активные композиции на основе полимеров и поверхностно-активных веществ для решения проблем экологической безопасности и энергосбережения: дис. ... д-ра техн. наук: 21.06.01. – Донецк, 2013. – С. 397.
3. Дремов В.В. Увеличение производительности камер с волосяными ершами и аэрационными трубами для очистки сточных вод / В.В.Дремов, Ф.В.Недопекин, Н.И.Куликов, И.А.Артемова // Вести Автомобильно-дорожного института. – 2017. – №2(21). – С. 57-70.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ МЕТАЛЛА

Толстых В.К., д-р физ.-мат. наук, профессор,

Бодряга В.Е.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

bodryaga@gmail.com

Введение. Рассматривается задача моделирования теплофизических процессов непрерывной разливки металла, описывается метод ее решения.

Актуальность. Актуальной задачей технологии непрерывного литья является получение качественных стальных слитков для заготовок трубопрокатного производства. Выбор разностной схемы для уравнения теплопроводности играет немаловажную роль для ее решения.

Целью ставится представление уравнения теплопереноса с переменными коэффициентами и соответствующих граничных условий в конечно-разностном виде.

Для данной задачи в цилиндрических координатах уравнение теплопроводности имеет вид:

$$V \frac{\partial T}{\partial z} - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r a_{\text{эф}} \frac{\partial T}{\partial r} \right) = 0, \quad (r, z) \in \Sigma = [0, R] \times [0, Z], \quad (1)$$

где $C(T)$ – эффективная теплоемкость, Дж/(кг К); $\rho(T)$ – плотность слитка, кг/м³; V – скорость литья, м/мин; $T(r, z)$ – температура слитка, К; $a_{\text{эф}}$ – эффективная температуропроводность, (Вт м²)/Дж.

Граничные условия для (1) имеют вид:

$$\left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{\substack{r=0 \\ 0 < z < Z}} = 0, \quad T|_{\substack{0 \leq r \leq R \\ z=0}} = T_0, \quad T|_{\substack{r=R \\ 0 \leq z \leq Z_{\text{кр}}}} = T_{\text{вк}} + (T_{\text{зк}} - T_{\text{вк}}) \frac{1 - \frac{V\tau}{l_{\text{кр}}}}{1}, \quad (2)$$

$$r a_{\text{эф}} \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{\substack{r=R \\ Z_{\text{кр}} \leq z \leq Z}} = -\alpha (T - T_{\text{охл}}),$$

где Z – нижняя граница слитка, м; $Z_{\text{кр}}$ – нижняя граница кристаллизатора, м; R – эффективный радиус, м; T_0 – температура заливаемого в установку металла, К; $T_{\text{зк}}$ – температура металла, поступающего в зону кристаллизатора, К; $T_{\text{вк}}$ – температура заготовки на выходе из кристаллизатора, К; τ – время затвердевания заготовки выбранного сечения, мин; $l_{\text{кр}}$ – длина кристаллизатора, м; $T_{\text{охл}}$ – температура воды в кристаллизаторе, К; α – коэффициент теплопередачи в зоне кристаллизатора, кВт/(м² К).

Для упрощенной математической модели (1) необходимо идентифицировать два параметра: коэффициент теплопередачи в зоне кристаллизатора α и эффективную температуропроводность $a_{эф}$. Идентификация эффективной температуропроводности проводится следующим образом:

$$a_{эф}(T) = a_1(T) \cdot \Theta(T_S - T) + a_2(T) \cdot \Theta(T_L - T) \cdot \Theta(T - T_S) + a_3(T) \cdot \Theta(T - T_L) \quad (3)$$

Таким образом, мы проводим не только параметрическую идентификацию, но и структурную.

Введем равномерную сетку $\omega_h = \{r_i = ih, i = 0, 1, \dots, N, hN = R\}$ на отрезке $0 \leq r \leq R$. Уравнение (1) примет следующий вид:

$$V \frac{T_i^{j+1} - T_i^j}{\Delta z} = \frac{1}{r_i} \frac{1}{\Delta r} \left(r_{i+\frac{1}{2}} A_{i+1}(T) \frac{T_{i+1}^{j+1} - T_i^{j+1}}{\Delta r} - r_{i-\frac{1}{2}} A_i(T) \frac{T_i^{j+1} - T_{i-1}^{j+1}}{\Delta r} \right), \quad (4)$$

где $A_i(T) = \frac{1}{2} (a_{эф}(T_{i-1}^j) + a_{эф}(T_i^j))$; $A_{i+1}(T) = \frac{1}{2} (a_{эф}(T_i^j) + a_{эф}(T_{i+1}^j))$, $a_{эф}(T)$ – рассчитывается согласно зависимости (3).

Конечно-разностный вид граничных условий (2):

$$\begin{aligned} \left. \frac{T_1^{j+1} - T_0^{j+1}}{\Delta r} \right|_{r=0, 0 < z < Z} &= 0, \quad j = 1, \dots, N_2; \quad \left. T_i^0 \right|_{0 \leq r \leq R, z=0} = T_0, \quad i = 0, \dots, N_1, \\ \left. T_{N_1}^{j \leq 14} \right|_{r=R, 0 \leq z \leq Z_c} &= T_{\theta K} + (T_{3K} - T_{\theta K})^{1 - \frac{V\tau}{l_{kp}}}, \\ r_{N_1} a_{эф} \left. \frac{T_{N_1}^{j+1} - T_{N_1-1}^{j+1}}{\Delta r} \right|_{r=R, Z_c < z \leq Z} &= -\alpha (T_{N_1}^{j+1} - T_{охл}). \end{aligned} \quad (5)$$

Результат. Для рассматриваемого случая была построена и реализована неявная конечно-разностная схема, которая абсолютно устойчива и имеет второй порядок точности.

В **заключении**, отметим, что далее для решения рассматриваемой краевой задачи (4) - (5) применялся традиционный метод прогонки.

Список литературы

1. Огурцов А.П. Прямая оптимизация теплофизических процессов / А.П.Огурцов, Ф.В.Недопекин, В.К.Толстых, Н.А.Володин. – Донецк: Юго-Восток, 1997. – 150 с.
2. Самарский А.А. Теория разностных схем / А.А.Самарский. – М.: Наука, 1977. – 656 с.
3. Самарский А.А. Численные методы / А.А.Самарский, А.В.Гулин. – М.: Наука, 1989. – 432 с.

СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ NO_x В ОТХОДЯЩИХ ГАЗАХ МЕТОДИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ

Толстых А.С., канд. техн. наук,

Гатицкий Д.В.

ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли

им. Михаила Туган-Барановского», г. Донецк, ДНР

ast65@ukr.net

Снижение выбросов оксидов азота (NO_x) из огнетехнических установок достигается двумя путями: предотвращением образования оксидов азота в процессе сжигания топлива или очисткой дымовых газов от оксидов азота.

В настоящее время разработаны эффективные методы очистки газов от NO_x , однако применение их ограничено сложностью конструкций очистного оборудования, большими капитальными и эксплуатационными затратами.

Анализ тенденций развития различных схем очистки от оксидов азота отходящих газов в химической, металлургической промышленности и энергетике показывает, что основное внимание уделяется селективному восстановлению оксидов азота как с катализатором, так и без него.

Разновидностью бескаталитического гомогенного способа сокращения выбросов NO_x является сокращение оксидов азота за счет ввода в газоотводящий тракт энергетических установок водного раствора карбамида (мочевины) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$.

Раствор карбамида, по одним данным, вводится в зону горения, по другим в газоотводящий тракт в одну или несколько зон. При этом в результате реакции карбамида с оксидами азота образуются CO_2 , N_2 и H_2O .

Раствор карбамида, как и аммиака, в широко известном гомогенном бескаталитическом методе, рекомендуется подавать в зону температур 850 – 1100 °С. При взаимодействии NO_x с раствором карбамида происходит восстановление от 50 до 90 % оксидов азота, содержащихся в дымовых газах. Степень обезвреживания NO_x в отходящих газах тем выше, чем больше соотношение $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 : \text{NO}_x$.

По зарубежным данным соотношение $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 : \text{NO}_x$ составляет 0,5 : 1. Наши исследования показали, что лучше использовать соотношение 0,75 : 1 [1].

При проведении процесса обезвреживания NO_x с использованием мочевины важным является отсутствие в отходящих газах побочных продуктов реакции.

Капитальные затраты, по мировым сведениям, на внедрение этого метода также достаточно малы. По сравнению с аммиачно-каталитической очисткой, они меньше в 3-7 раз.

Поскольку эффективность этого метода ненамного уступает эффективности селективного каталитического восстановления NO_x , то, в ряде случаев, внедрение данного метода более предпочтительно.

Нами разработана и проверена в промышленных условиях технология обезвреживания оксидов азота путем подачи гранулированного карбамида в газоотводящий тракт нагревательных печей.

Исследования проводились на методических печах (рекуперативных, двухрядных, с двусторонним нагревом, с торцовым посадом и выдачей слябов). Нагрев слябов производился за счет сжигания природного газа в пяти зонах печи. Расход газа составлял в среднем $4000\text{--}5000 \text{ м}^3/\text{ч}$. При сгорании газа используется подогретый в рекуператоре до температуры $350\text{--}400^\circ\text{C}$ вентиляторный воздух. Загрузка заготовок в печь осуществляется периодически. Тепловой режим в печи является нестационарным. Средняя температура в печи составляет $1200\text{--}1300^\circ\text{C}$ и зависит от режима работы печи и цеха. Удаление продуктов сгорания производится при помощи дымососа и дымовой трубы. Отходящие газы по тракту разбавляются подсасываемым воздухом. Средний состав продуктов сгорания на выходе из печи: $\text{CO}_2 - 5,5\text{--}6,4 \%$; $\text{O}_2 - 4,6\text{--}6,0 \%$; $\text{CO} - 0,005\text{--}0,01 \%$.

В зависимости от теплового режима печи максимальная концентрация оксидов азота в отходящих газах на входе в котел-утилизатор достигала $135 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Программа проведения работ предусматривала различные варианты подачи раствора порошкообразного и гранулированного карбамида в различные участки газоотводящего тракта печей.

Подача распыленного раствора карбамида в рабочие зоны методических печей и различные участки газоотводящего тракта не снизила массовую концентрацию оксидов азота в отходящих газах. При подаче порошкообразного карбамида в вентиляторный воздух, поступающий во все зоны печи, было обнаружено повышение концентрации NO_x в отходящих газах в среднем на 25% .

При подаче порошкообразного карбамида на нагретую футерованную поверхность камеры дымоспада методической печи достигнуто быстрое испарение карбамида и смешивание его с отходящими газами. При этом резко снижалась массовая концентрация NO_x в зависимости от температуры участка футеровки, куда подавали карбамид, от температуры отходящих газов и от массы подаваемого карбамида.

Подобные опыты с гранулированным карбамидом показали аналогичный эффект.

Установлено, что при удельном расходе карбамида $2,6\text{--}2,9 \text{ кг}/(\text{кг}(\text{NO}_x))$ и температуре отходящих газов $700\text{--}750^\circ\text{C}$ достигается степень обезвреживания NO_x порядка $70\text{--}75 \%$. Массовая концентрация оксидов азота в отходящих газах методической печи снижается до $32\text{--}39 \text{ мг}/\text{м}^3$.

В процессе проведения исследований эффективности обезвреживания NO_x подачей гранулированного карбамида в камеру дымоспада методической печи отмечен ряд характерных особенностей протекания процесса.

1. При подаче карбамида на нагретую поверхность (при температуре 140-180°C) карбамид испаряется и в виде белого дыма и поступает в дымоотводящий тракт, где смешивается с дымовыми газами. Интенсивность выделения паров карбамида определяется площадью, занятой кипящим карбамидом. По мере увеличения площади снижается концентрация NO_x в отходящих газах.

2. При повышении температуры отходящих газов до 740°C наблюдается повышение интенсивности выделения паров карбамида с одновременным снижением концентрации NO_x , дальнейшее повышение температуры ведет к перерасходу карбамида при той же эффективности обезвреживания NO_x .

3. При кипении карбамида в низкотемпературной зоне камеры дымоспада нельзя допускать протекания струи жидкого кипящего карбамида в зону высоких температур. При таком протекании неоднократно наблюдалось горение жидкого карбамида зеленоватым пламенем. Газоанализатор в такие моменты фиксировал резкие пики увеличения концентрации NO_x в отходящих газах.

Оптимальными параметрами обезвреживания NO_x за счет ввода в газоотводящий тракт гранулированного карбамида являются:

- температура газов 700-800°C;
- массовое соотношение $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 : \text{NO}_x$ (3 : 1);
- место подачи карбамида в газоотводящий тракт методических печей - камера дымоспада перед рекуператором.

Список литературы

1. Толстых А.С. Каталитическая очистка отходящих газов вагранок от оксида углерода: монография [Текст] / А.С. Толстых, А.Н. Бирюков. – LAP LAMBERT Academic Publishing is a trademark of International Book Market Service Ltd., member of OmniScriptum Publishing Group, 2018. 133 с. : ил. – ISBN 5-217-00393-6.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОФИЛЕЙ СКОРОСТИ В ТРУБАХ С ПЕРИОДИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕМ (ТПИПС)

Финошин Н.В., канд. физ.-мат. наук, доцент,

Попова А.Е., Заключение Е.Ю.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
albina1770@yandex.ru

В работе [1] отмечается, что одним из методов снижения полного гидродинамического сопротивления является генерация вихревых систем в пристеночном потоке. Вихревые структуры образуются на искривленных обтекаемых поверхностях. В пограничном слое, формируемом над искривленной поверхностью, зарождается неустойчивость, обусловленная взаимодействием центробежных сил и сил давления. Она способствует образованию продольно ориентированных стационарных вихрей – вихрей Тейлора-Гёртлера, которые представляют собой противоположно вращающиеся пары, оси которых параллельны направлению набегающего потока.

В работе [2] была сделана попытка определить критерий появления вихрей, т. е. критерий центробежной неустойчивости. Использовался термоанемометрический метод, который основывается на том, что при возникновении вихрей в зоне опускного течения вихря появляется четко выраженный пик в профиле скорости. Появление такого пика и свидетельствует о появлении устойчивых вихрей Тейлора-Гёртлера.

В работе [3] также отмечается, что неустойчивость Гёртлера может возникать в пограничном слое на искривленной поверхности и интенсивно влиять на его характеристики: приводить к более ранней турбулентности (по сравнению со случаем пограничного слоя на плоской пластине), усиливать тепло- и массоперенос, изменять сопротивление трения и т. д. Эти явления происходят за счет образования параллельных потоку, так называемых, гёртлеровских вихрей.

В данной работе была поставлена задача экспериментально определить профили продольной компоненты скорости воздуха в различных сечениях ТПИПС. По характеру распределения этих профилей сделать вывод о наличии в данной трубе с периодически изменяющимся поперечным сечением вихрей Тейлора-Гёртлера.

Экспериментальные исследования проводились на аэродинамическом стенде АС-5. Аэродинамический стенд АС-5 состоит из аэродинамической трубы прямого действия и трубопровода с периодически изменяющимся поперечным сечением (ТПИПС).

Трубопровод с периодически изменяющимся переменным сечением (ТПИПС) 14 состоит из 6 участков. Схема одного такого участка

приведена на рисунке. Каждый их шести участков ТПИПС состоял из четырех конфузурно-диффузорных секций. Соотношение длины конфузора l_k к длине диффузора l_g составляет $l_k/l_g = 1 \div 3$.

На рисунке приведены также сечения, в которых проводились измерения профилей продольных компонент скорости. Это сечения **2** и конфузор секции **3**. Сечения были выбраны так, чтобы можно было сравнить профили скорости в одинаковых сечениях: сечения **1**, **5** – это сечения на выходе из конфузоров; сечения **2**, **4**, **6** – это средние сечения, причем сечения **2** и **6** – это средние сечения в конфузоре, а сечение **4** – это среднее сечение в диффузоре; сечения **3**, **7** – это сечения на выходе из диффузорных участков.

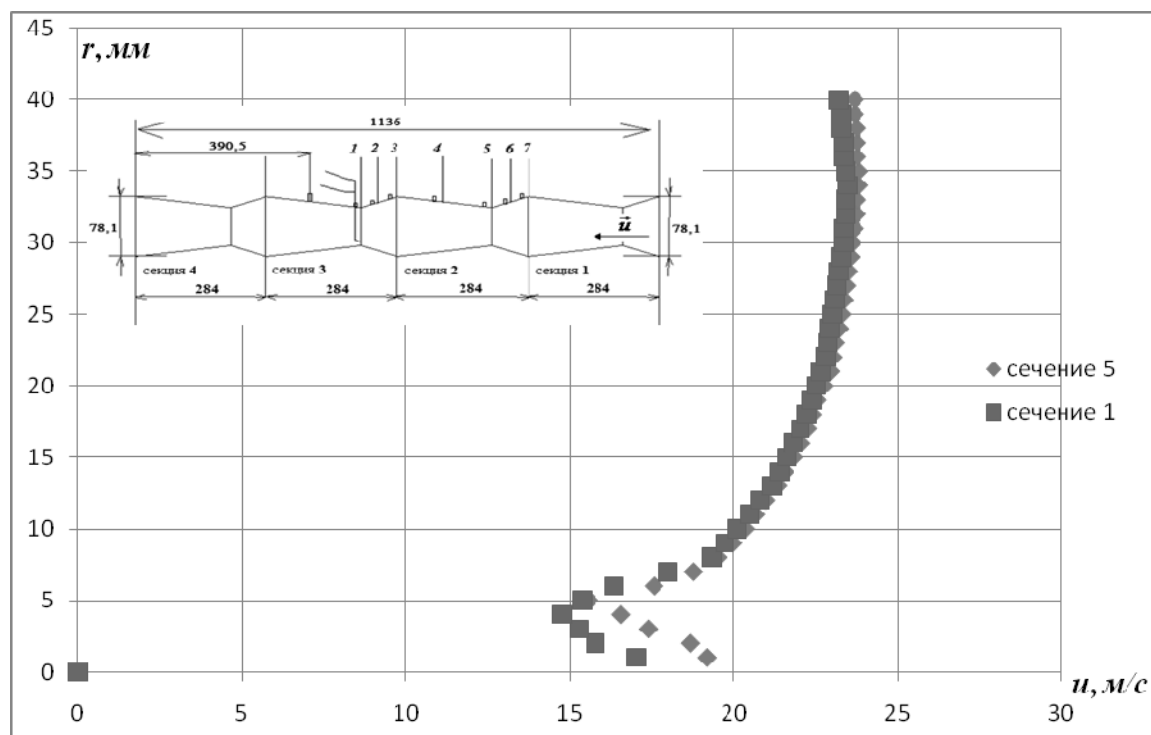


Рис. Профили средней скорости на выходе из конфузора сечение 1 (секция 3), сечение 5 (секция 2)

Для измерения профилей скорости в различных сечениях ТПИПС использовалась напорная микротрубка Пито-Прандтля, изготовленная из двух медных капиллярных трубок с внешним диаметром $d = 1,3 \text{ мм}$. Особенность микротрубки в том, что с помощью ее плоской части на носике, которая составляет $3d = 3,9 \text{ мм}$ и наклона остальной части трубки к оси державки на 110° , а не на 90° , как в обычных трубках, возможно беспрепятственно в любом сечении ТПИПС опустить эту трубку на стенку.

Измерения профилей скорости проводились на максимальном режиме вентилятора АС-5. Были выбраны 7 сечений в ТПИПС, в которых с помощью микротрубки Пито-Прандтля были измерены профили средней

скорости. Сечения 1 и 5 – это минимальные сечения ТПИПС ($d_{\min} = 63,9 \text{ мм}$) – на выходе конфузора секции 2 (сечение 5) и на выходе конфузора секции 3 (сечение 1). Именно в этих сечениях обнаружено появление пиков в профиле скорости в пристеночной области. Это свидетельствует о появлении в этой области устойчивых вихрей Тейлора-Гёртлера. На рисунке приведены профили средней скорости в этих сечениях.

Характер профилей скорости в остальных сечениях, в которых проводились измерения, имеют плавный характер без перегибов профиля скорости. Это свидетельствует о том, что вихри Тейлора-Гёртлера отсутствуют в этих сечениях.

Таким образом, как показали профили скорости, вихри Тейлора-Гёртлера были обнаружены в районе выходных сечений конфузоров. Предположительно зарождение этих вихрей начинается на некотором расстоянии выше по течению от среза конфузоров и затухают ниже по течению от выходного сечения конфузора (в начальной части диффузора).

Выводы

1. Проведены экспериментальные исследования профилей скорости в различных сечениях трубопровода с периодически изменяющимся поперечным сечением.

2. В выходных сечениях конфузоров обнаружено наличие вихрей Тейлора-Гёртлера.

3. Сделано предположение о том, что вихри Тейлора-Гёртлера возникают в зоне ниже среднего сечения конфузора и вырождаются в зоне до среднего сечения диффузора.

Список литературы

1. Войскобойник А.В. Продольные вихревые структуры при обтекании криволинейной поверхности / А.В.Войскобойник, В.А.Войскобойник // Вісник Донецького університету, Сер. А: Природничі науки, 2006. – вип. 1. – С. 184–191.
2. Авраменко А.А. Экспериментальное и теоретическое исследование турбулентной неустойчивости Тейлора-Гёртлера в пограничном слое на вогнутой поверхности / А.А.Авраменко, С.Г.Кобзарь, А.А.Халатов // Інженерно-фізический журнал, 1977. – Т. 70. – № 2. – С. 279-283.
3. Иванов А. В. Возбуждение гёртлеровских вихрей над искривленными поверхностями турбулентностью набегающего потока / А.В.Иванов, Ю. С.Качанов, Д.А.Мищенко // Теплофизика и аэромеханика, 2011. – С. 156-165.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА COMSOL MULTIPHYSICS ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИХРЕВОЙ ДОРОЖКИ КАРМАНА

Химченко Д.Г., Лучина А.Ю.,

Головчан А.В., канд. физ.-мат. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», Донецк, ДНР

darya.him4enko@yandex.ua

В современной инженерии возрос спрос на компьютерное моделирование физических процессов, в связи с тем, что старые методы не дают такой точности и скорости расчетов. Использование же компьютерного моделирования имеет большие преимущества: снижение затрат времени на составление и решение громоздких уравнений, гибкость в управлении моделями. Это позволяет легко исправлять или корректировать математический образец, а также получать наглядные и полные результаты компьютерных экспериментов, которые согласуются с эмпирическими данными.

Для исследования особенностей моделирования гидродинамических процессов в пакете прикладных программ COMSOL Multiphysics было выбрано широко изученное явление в механике жидкости – асимметричная вихревая структура (дорожка Кармана).

Для изучения таких эффектов рассматривалась физическая и математическая модель движения потока в горизонтальной трубе при обтекании твердых тел различной геометрической формы, помещенных в канал под прямым углом к встречной жидкости. Для выполнения расчетов созданы двумерные модели плоскости с цилиндрами, в основании которых лежит окружность, квадрат и треугольник. Длина трубы 2,2 м, высота – 0,4 м, диаметр обтекаемого цилиндра составляет 0,1 м, сторона куба равна также 0,1 м, сторона равностороннего треугольника в основе призмы – 0,1 м. Центры тел расположены на расстоянии 0,2 м от входа трубы. Средняя скорость потока $U_{mean} = 1$ м/с.

В данной математической модели число Рейнольдса равно 100, что дает развитую вихревую дорожку Кармана, но поток все еще не является полностью турбулентным, поэтому течение носит ламинарный характер[1].

При решении задачи предполагается:

- 1) процесс нестационарный;
- 2) жидкость считается изотермической и несжимаемой;
- 3) физические характеристики считаются однородными и изотропными;

4) задача решается в двумерной плоскости (2D).

Данные допущения не оказывают существенного влияния на конечный результат, но упрощают расчет.

Движение водной жидкости при обтекании твердого тела различной геометрической формы описывается системой уравнений, состоящей из уравнения Навье-Стокса и уравнения неразрывности (уравнения закона сохранения количества движения и массы). Для решения сформулированной задачи их удобно представить в декартовой системе координат.

$$\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} = 0,$$

где v, u – компоненты скорости вдоль осей x, y м/с;

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} + u \frac{\partial v}{\partial y} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \nabla^2 v + f_{turb,x},$$

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + v \frac{\partial u}{\partial x} + u \frac{\partial u}{\partial y} \right) = - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \nabla^2 u + f_{turb,y},$$

где ρ – плотность жидкости, обтекающей цилиндр; p – сила, действующая на элементарный объем; μ – динамическая вязкость жидкости; f_{turb} – флуктуация потока по оси x и y .

Ламинарное течение в следе за цилиндром при обтекании несжимаемой жидкостью характеризуется следующими режимами: безотрывное стационарное, стационарный отрыв и нестационарное отрывное периодическое. Исследование показало, полученные вихревые дорожки отличаются друг от друга, несмотря на то, что для различных цилиндров число Рейнольдса одинаково, равно 100 и определяется линейными размерами обтекаемых тел. Из чего можно сделать вывод, что вид дорожки Кармана зависит не только от числа Рейнольдса, но и от формы обтекаемого твердого тела (рис 1).

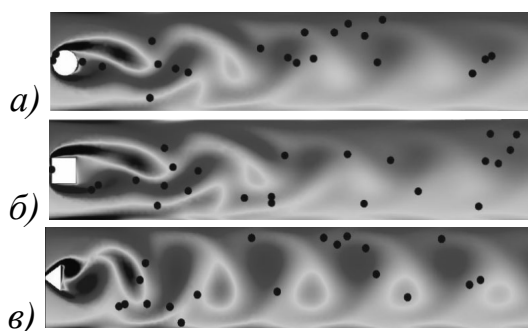


Рис. 1. Развитие вихревой структуры потока жидкости при обтекании цилиндров различной геометрической формы

Верификация результатов моделирования осуществлялась с помощью расчетных и экспериментальных данных, полученных авторами

в работе Численное изучение аэродинамики потока воздуха вокруг цилиндра при различных моделях турбулентности [2]. На рис. 2 представлено наглядное сравнение расчетных и опытных результатов.

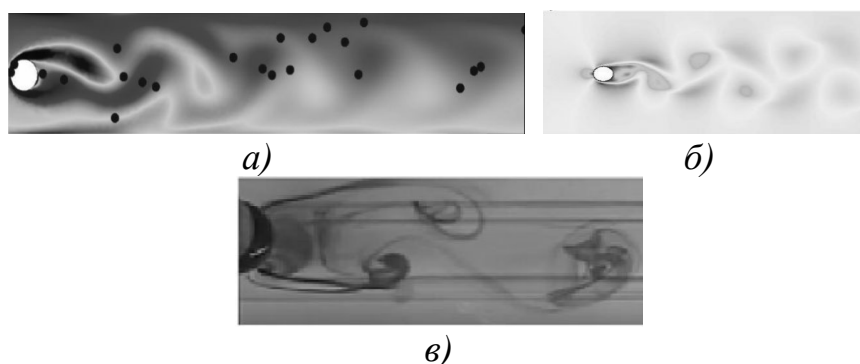


Рис. 2. Визуализация скоростного потока вокруг цилиндра
а) результаты данного моделирования; б) и в) результаты моделирования
и физический эксперимент соответственно, проведенные авторами [2]

В дальнейшем планируется исследовать применимость моделей турбулентности, предлагаемых Comsol CFD для данной постановки задачи (k- ϵ , k- ω , SST, Спаларта-Аллмараса, L-VEL, yPlus). Влияние различных моделей турбулентности может существенно изменить результат, и тогда полученная модель будет не пригодной к использованию. Выбор модели должен осуществляться в зависимости от условий, конкретной задачи, а результаты решения должны быть тщательно проверены на физическом эксперименте.

1. В результате проделанной работы была изучена физическая и математическая модель, описывающая ламинарное движение несжимаемой жидкости в горизонтальной трубе равного сечения при обтекании твердых тел различной геометрической формы.

2. Исследование показало, что полученные вихревые дорожки отличаются друг от друга.

3. Результаты моделирования при сравнении с экспериментальными данными из литературы показали наибольшую близость с реальным процессом при использовании модели турбулентности ламинарного течения, что подтверждает правильность и адекватность изученной модели.

Список литературы

1. Белозерцев В.Н. Основы механики жидкости: учеб. пособие / В.Н.Белозерцев. – Самара: Изд-во Самар, гос. аэрокосм, ун-та, 2006. – 324 с.
2. Мустафин Р.М. Численное изучение аэродинамики потока воздуха вокруг цилиндра при различных моделях турбулентности / Р.М.Мустафин, И.Д.Карпилов // Молодёжный научный Вестник. – 2017. – Т. 72, вып. спецвыпуск. – С. 4-10.

ОСОБЕННОСТИ ИОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ РОМБООЭДРИЧЕСКОЙ ФАЗЫ КЕРАМИКИ ScSZr

Барбашов В.И., канд. физ.-мат. наук,

Чайка Э.В., канд. техн. наук

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР
ceramics@mail.ru

Исследование электрофизических свойств керамических электролитов на основе диоксида циркония (ZrO_2) необходимо для создания твердотельных топливных элементов. В системах $ZrO_2 - Me_2O_3$ наивысшей удельной проводимостью обладает керамика легированная 9,3 mol.% Sc_2O_3 . Анализ фазовой диаграммы системы $ZrO_2 - Sc_2O_3$ указывает на существование при комнатной температуре в интервале концентраций 9,3-42,0 мол. % Sc_2O_3 стабильных β , γ , δ ромбоэдрических фаз [1]. При нагреве образцов происходит переход из ромбоэдрической в кубическую фазу. Данный фазовый переход проявляет четкие гистерезисные свойства, характерные для полиморфных переходов, и однозначно идентифицируется по аррениусовским зависимостям $\lg(\sigma T) - 1/T$. Высокая чувствительность величины ионной проводимости к структурным особенностям керамических ионных проводников делает информативной данную методику при исследовании особенностей полиморфных переходов в ионопроводящих материалах.

Известно, что низкотемпературная аномалия и анизотропия ионной проводимости керамики диоксида циркония, стабилизированного скандием ScSZr, обязана присутствию ромбоэдрической фазы [1]. Фактором, оказывающим влияние на характер зависимостей $\lg(\sigma T) - 1/T$, является величина приложенного механического напряжения.

В настоящей работе изучено влияние величины приложенной к образцу внешней нагрузки на вид зависимостей $\lg(\sigma T) - 1/T$ при полиморфном переходе и особенности проводимости образцов ScSZr, находящихся в ромбоэдрической фазе. Измерение ионной проводимости образцов проводили в режиме нагрева и охлаждения при различной величине нагрузки (рисунок 1). Полученные зависимости $\lg\sigma - 1/T$ имеют две температурные зоны скачкообразного изменения удельной проводимости при (450-470) °С и (490-580) °С. Установлено, что такие изменения связаны с переходом материала образца из одного фазового состояния в другое. При низкой температуре образец находится в кубической фазе, а при нагреве сначала переходит из кубической в

ромбоэдрическую, а затем снова в кубическую фазу. При первом нагреве образца (кривая 1) низкотемпературный скачок проводимости отсутствует.

Из рис. 1 видно, что давление, прикладываемое к образцу, смещает область гистерезиса удельной проводимости в область более высоких температур. Данный эффект свидетельствует об идентичности механизмов воздействия внешнего давления и легирования стабилизирующей примесью. Ранее этот эффект в керамике из диоксида циркония с примесями железа и иттрия обсуждался в работе [2].

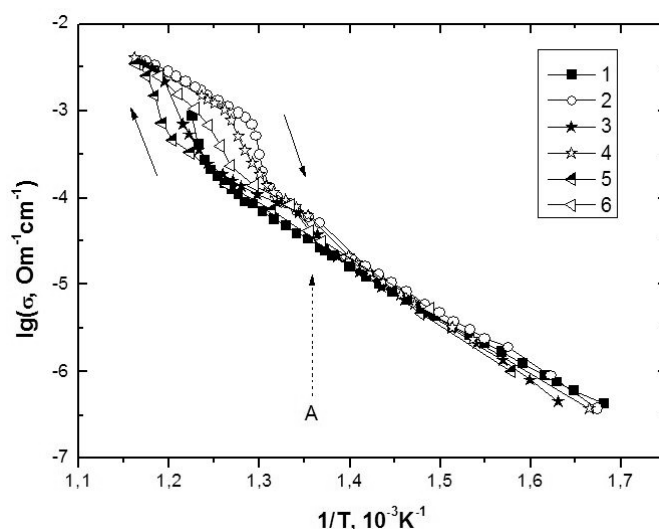


Рис. 1. Зависимости удельной проводимости от обратной температуры (темные значки – нагрев, светлые – охлаждение) при напряжениях P , МПа: 0 (кривые 1, 2); 0,2 (3, 4); 1,0 (5, 6)

В работе также исследовано влияние фазового состава образцов, определяемого концентрацией стабилизирующей примеси Sc_2O_3 , на характер зависимостей $\lg\sigma - 1/T$. На рисунке 2 приведены зависимости удельной проводимости керамики, находящейся в кубической фазе (α) и в ромбоэдрических фазах (β) и (γ). Образец, находящийся в γ -фазе нагревался до температуры ниже температуры перехода в кубическую фазу. Видно, что после перехода при нагреве керамики $(\text{ZrO}_2)_{0.88}(\text{Sc}_2\text{O}_3)_{0.12}$ из ромбоэдрической фазы в кубическую и последующем охлаждении (1-й цикл режима нагрев-охлаждение) происходит формирование ромбоэдрической фазы с большей проводимостью. Последующие нагревы и охлаждения образца без перехода в кубическую фазу показывают стабильность высокопроводящего состояния ромбоэдрической фазы. Для образцов, находящихся в однофазном состоянии, данная особенность на зависимостях $\lg\sigma - 1/T$ не обнаруживается.

На рисунке 3 показано увеличение удельной проводимости при формировании ромбоэдрической фазы в зависимости от концентрации Sc_2O_3 . Видно, что в керамике $(\text{ZrO}_2)_{0.88}(\text{Sc}_2\text{O}_3)_{0.12}$ при 400°C проводимость увеличивается на порядок и, примерно, в три раза превышает удельную проводимость состава $(\text{ZrO}_2)_{0.9}(\text{Sc}_2\text{O}_3)_{0.1}$, который по литературным данным обладает наивысшей проводимостью.

Рентгенографическими исследованиями и методом импедансной спектроскопии показано, что индуцированное под действием внешней нагрузки при полиморфном переходе высокопроводящее состояние керамики ScSZr обязано формированию упорядоченного состояния кристаллитов с ориентацией, соответствующей наивысшему значению проводимости, о чем свидетельствует рост ее объемной составляющей.

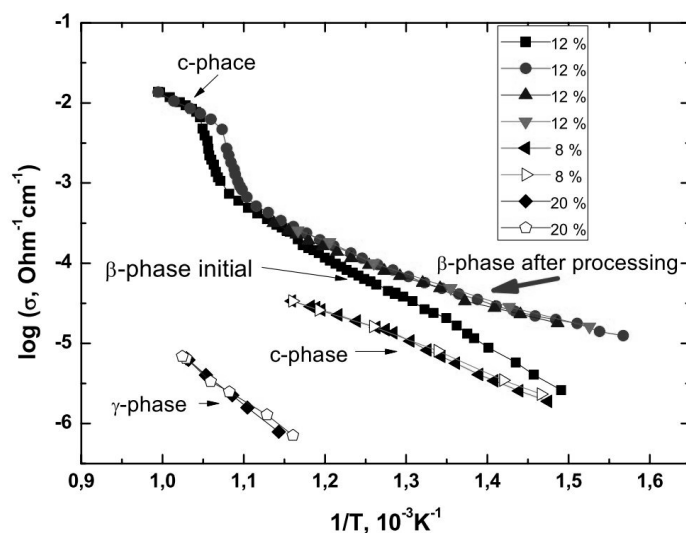


Рис.2. Зависимость удельной проводимости керамики составов $(\text{ZrO}_2)_{1-x}(\text{Sc}_2\text{O}_3)_x$ от обратной температуры

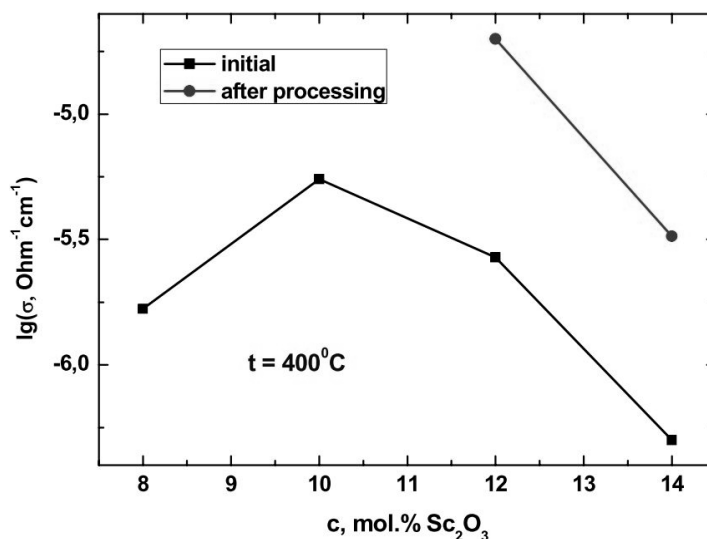


Рис.3. Зависимость удельной проводимости керамики ScSZr от концентрации стабилизирующей примеси

Список литературы

1. Chiba R., Yoshimura F., Yamaki T., Ishii T., Yonezawa T., Endou K. Solid State Ionics 104, 259 (1997).
2. Барбашов В.И., Несова Е.В. Огнеупоры и техническая керамика 1-2, 3 (2011).

СПОНТАННЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ЖЕСТКОЙ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЕ МАГНИТНОЙ ПЛЕНКИ

Бондарь Е.Д.,

Сирюк Ю.А., д-р физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.,

Безус А.В., канд. физ.-мат. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

newexog@i.ua

Введение. Магнитные доменные структуры (ДС) представляют собой периодически чередующиеся области с антипараллельным направлением намагниченности, разделенные доменными границами (ДГ). ДГ, в свою очередь, являются неоднородными структурами, в которых происходят изменения ориентации спинов от направления спинов в одном домене к направлению спинов в соседнем домене.

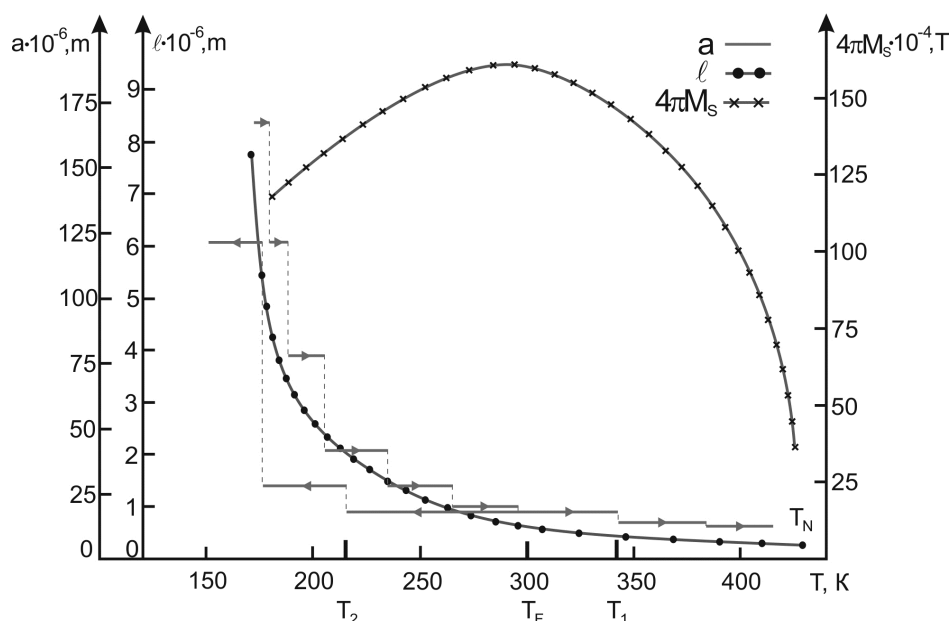


Рис.1. Температурные зависимости намагниченности насыщения $4\pi M_s$, характеристической длины ℓ и параметра решетки ЦМД a пленки

При изменении температуры изменяются магнитные характеристики феррита-граната (рис. 1). Это сказывается на особенностях доменной структуры: ее виде, структуре доменных границ, фазовых переходах в ДС.

Цель работы – исследовать влияние фазовых переходов в ДГ на температурное поведение ДС феррит-гранатовой пленки.

Это исследование актуально как для фундаментальной физики, так и в прикладном плане, например в микроэлектронике и спинтронике.

Для исследования выбрана пленка с развитой поверхностью $\langle 111 \rangle$, состава $(TmBi)_3(FeGa)_5O_{12}$ ($T_N = 437K$, $T_C = 120K$), где T_N – температура Нееля, T_C – температура магнитной компенсации. Пленка имеет при комнатной температуре фактор качества $Q > 5$. При такой величине Q в ДГ действием импульсного магнитного поля создаются вертикальные блоховские линии (ВБЛ) [1]. ДС наблюдается с помощью эффекта Фарадея.

Результаты и их обсуждение Гексагональная решетка ЦМД формируется импульсным полем, перпендикулярным плоскости пленки, в отсутствии поля смещения.

Под действием поля создаются жесткие ДГ с большим количеством ВБЛ.

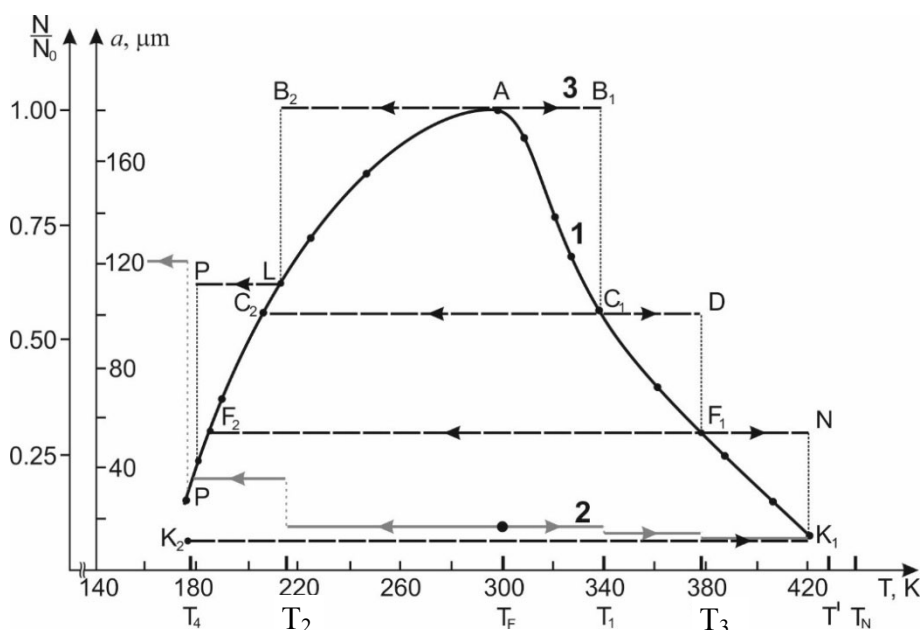


Рис. 2. Температурные зависимости параметров решеток ЦМД: 1– N/N_0 ВБЛ в ДГ равновесной решетки; 2– период неравновесной решетки; 3– N/N_0 ВБЛ в ДГ неравновесной решетки

При 300K создается решетка ЦМД. Это равновесная решетка при температуре формирования (T_F) [2]. В решетке ЦМД, как в любой термодинамической системе, происходит перераспределение сил таким образом, чтобы был минимум энергии. Поэтому в доменных границах ЦМД, составляющих решетку, импульсным магнитным полем формируется хотя и большое число ВБЛ, но, тем не менее, их количество меньше, чем в одиночных доменах. Учитывая силы, действующие на ДГ и температурные зависимости характеристик пленки (рис. 1), при этой температуре создается максимальное число ВБЛ в ДГ (точка А на рис. 2).

Если же решетку ЦМД сформировать при 300K, а затем изменять T пленки, то решетка сохраняется (хотя является уже неравновесной) в

температурном интервале $T_1 - T_2$, на обоих концах которого происходят фазовые переходы (ФП). При T_1 в решетке ЦМД происходит ФП в двухфазную структуру с сохранением числа доменов. Этот ФП вызван фазовым переходом в ДГ. При этом число ВБЛ в доменной границе уменьшилось путем аннигиляции (точка С1 на рис. 2). При T_2 в решетке ФП в новую решетку ЦМД с уменьшением числа доменов [3]. При этом в ДГ происходит ФП с уменьшением числа ВБЛ путем раскручивания (точка С2 на рис. 2). Фазовые переходы при температурах T_1 и T_2 являются ФП первого рода как в решетке ЦМД, так и в доменной границе. В исследуемом температурном интервале таких фазовых переходов в ДГ и в решетке наблюдается несколько [2].

Результат. Из рис. 2 видно, что температурные интервалы устойчивости ΔT неравновесных решеток ЦМД зависят от числа ВБЛ в ДГ. Так, при максимальном числе ВБЛ (точка А на рис. 2) температурный интервал устойчивости равен $B_1 - B_2$. При меньшем числе ВБЛ (точка С1) температурный интервал устойчивости увеличивается ($C_2 - D$). И при простой блоховской стенке, которая создается при $T = 0.98T_N$ [3], температурный интервал устойчивости максимален ($K_1 - K_2$).

Из [1] следует, что жесткие ЦМД квантуются, т.е. могут иметь дискретные состояния, различающиеся числом ВБЛ. Следовательно, квантуются и ДГ. Обнаружено, что для типичных гранатовых пленок разница в размерах доменов с различными состояниями порядка 0.1 мкм или меньше. Поэтому из-за таких малых размеров и не было ранее обнаружено убедительных экспериментальных данных квантования статических характеристик жестких доменов.

Заключение. Структура ДГ очень чувствительна к температурному изменению параметров пленки. В ней происходят спонтанные фазовые переходы первого рода, которые вызывают ФП в решетке ЦМД. Механизм ФП в доменной границе при нагревании и охлаждении пленки имеет существенные отличия. Число ВБЛ в ДГ уменьшается при нагревании путем аннигиляции, а при охлаждении - путем раскручивания. Температурный интервал устойчивости ЦМД зависит от структуры ДГ. С уменьшением числа ВБЛ в ДГ температурный интервал устойчивости решетки ЦМД увеличивается. Решетка ЦМД с простой блоховской стенкой наиболее устойчива и сохраняется в широком температурном интервале.

Список литературы

1. Малоземов А. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами / А.Малоземов, Дж.Слонзуски. – М.: Мир, 1982, – 384 с.
2. Ю.А.Мамалуй, Ю.А.Сирюк, А.В.Безус, ФТТ, т.45, №9, 1645 (2003).
3. Ю.А.Сирюк, А.В.Безус, ФТТ, т.55, №3, 547 (2013).

ВЛИЯНИЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ГРАНИЦ ЗЁРЕН КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Беличко Д.Р.¹, Константинова Т.Е.¹, д-р физ.-мат. наук, профессор,
Милославский А.Г.², д-р физ.-мат. наук, профессор, **Малецкий А.В.²**

¹ ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк, ДНР

² ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

danil.belichko@yandex.ru

Керамика на основе нанопорошков диоксида циркония обладает уникальным набором свойств в сравнении с другими керамическими материалами, в частности повышенной прочностью, износостойкостью, химической инертностью, ионной проводимостью и биологической совместимостью.[1] Такие качества уже позволяют использовать диоксид циркония в промышленности, технике медицины и т.д. Тем не менее, диоксид циркония керамика требует дальнейшего изучения и улучшения свойств. В настоящей работе исследовано влияние легирования оксидом алюминия на кинетику спекания и физические свойства керамики на основе ZrO_2 -3мол.% Y_2O_3 .

Известно, что тетрагональный диоксид циркония имеет существенный недостаток, а именно свойство деградировать в гидротермальных условиях в диапазоне температур 120-300 °С с изменением фазового состава, что может привести к разрушению материала.[2] Это обусловлено существенным увеличением количества моноклинной фазы, удельный объем которой больше тетрагональной фазы ($V_m > V_t \approx 4\%$).



Рис. 1. Деградация керамики на основе диоксида циркония в гидротермальных условиях при $T=250^\circ\text{C}$

Результаты исследований показывают, что легирование малым количеством Al_2O_3 позволяет предотвратить образование большого количества моноклинной фазы и, соответственно, исключить разрушению керамики (рис. 2).

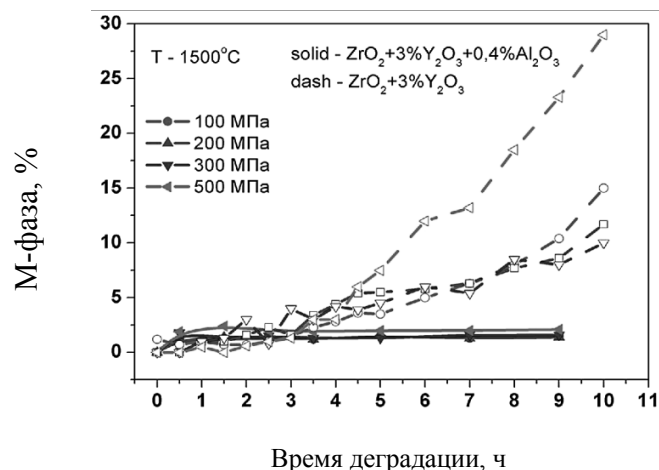


Рис. 2. Образование М-фазы в диоксид циркониевой керамики в гидротермальных условиях с течением времени

Исследования показали существенно большую усадку образцов, легированных 2 % Al_2O_3 , что обеспечило увеличение плотности и уменьшение пористости (рис. 3).

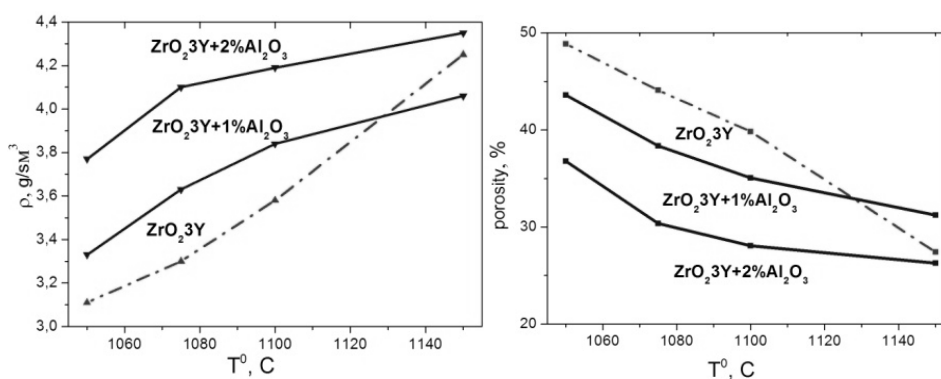


Рис. 3. Плотность и пористость керамических образцов

Таким образом, легирование Al_2O_3 диоксидциркониевой керамики позитивно сказывается на кинетике спекания данных материалов. И использованные добавки позволяют предотвратить образование М-фазы, что приводит к увеличению плотности и монолитизации керамики. Следствием этого является гидротермальная устойчивость материала при температуре 120-300°C, чего не наблюдалось в исходном материале, а также увеличение твёрдости и упругих свойств керамических материалов. Данные результаты являются позитивными и требуют дальнейшего изучения.

Список литературы

1. Biamino S, Fino P, Pavese M, Badini C. *Alumina–zirconia–yttria nanocomposites prepared by solution combustion synthesis*. *Ceramics International* 2006, 5, p. 509-513.
2. Danilenko I, Prokhorenko S, Konstantinova T, Ahkozov L, Burkhovetski V, Glazunova V. *Effect of small amount of alumina on structure, wear and mechanical properties of 3Y-TZP ceramics*. *World Journal of Engineering* 2014, 11, p. 9-16.

ЗАПРЕЩЕННАЯ ЩЕЛЬ В ХИРАЛЬНЫХ НАНОТРУБКАХ

Бутько В.Г., канд. физ.-мат. наук,

Гусев А.А., канд. физ.-мат. наук, доцент

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк, ДНР

gusev@dfiti.donbass.com

Введение. Совершенно необычные физико-химические свойства углеродных нанотрубок (НТ) позволяют им более 25 лет находится в центре повышенного внимания исследователей [1, 2]. Это связано с их удивительным разнообразием, и, в особенности, с многочисленными возможностями технологических применений [3, 4].

Идеальная однослойная нанотрубка представляет собой свернутую в цилиндр поверхность, выложенную правильными шестиугольниками в вершинах которых находятся атомы углерода (графитовая плоскость). Свойства нанотрубки определяются хиральностью, которая зависит от угла ориентации графитовой плоскости относительно оси нанотрубки. Обозначается хиральность нанотрубки набором символов (m, n) , указывающих координаты шестиугольника, который в результате сворачивания плоскости должен совместиться с началом координат. Для удобства вводится также понятие угла хиральности θ :

$$\cos \theta = \frac{2n + m}{2\sqrt{n^2 + nm + m^2}}. \quad (1)$$

Два вида НТ отличаются относительной простотой: а) НТ типа «зигзаг» с хиральными индексами $(n, 0)$, хиральный угол $\theta=0^\circ$; б) НТ типа «кресло» с индексами (n, n) , $\theta=30^\circ$. Все остальные НТ с индексами (m, n) , для которых $0 < \theta < 30^\circ$, относятся к классу хиральных.

Уже первые расчеты зонной структуры, которые были выполнены полуэмпирическим методом сильной связи показали [5], что те НТ для которых разность $(n-m)$ кратна трем обладают металлической проводимостью, а остальные две трети НТ являются полупроводниками. Т.е., если $k = (n - m) \bmod 3$ принимает значения 1 или 2, то НТ обладает полупроводниковой проводимостью, а если $k=0$, то металлической.

В нашей предыдущей работе [6] были проведены неэмпирические расчеты электронных и структурных свойств углеродных НТ «зигзаг». Полученные расчетные значения запрещенных щелей (ЗЩ) E_g хорошо описывались приведенным там простым аналитическим выражением.

Целью данной работы является систематическое исследование электронных и структурных свойств хиральных углеродных НТ. Главное внимание при этом уделено определению значений ширины

энергетической ЗЩ E_g . Для примера, на рис. 1 приведена наименьшая из рассмотренных далее хиральная НТ с индексами (8,4).

Электронное строение одномерных наноструктур рассчитывалось в рамках теории функционала плотности методом проекционных присоединенных волн (PAW) [7], программный пакет VASP (Vienna *ab initio* simulation package). При этом для каждой хиральной НТ проведена оптимизация постоянной решетки вдоль оси трансляции C , т.е. найдена такая длина постоянной решетки, при которой полная энергия НТ минимальна.

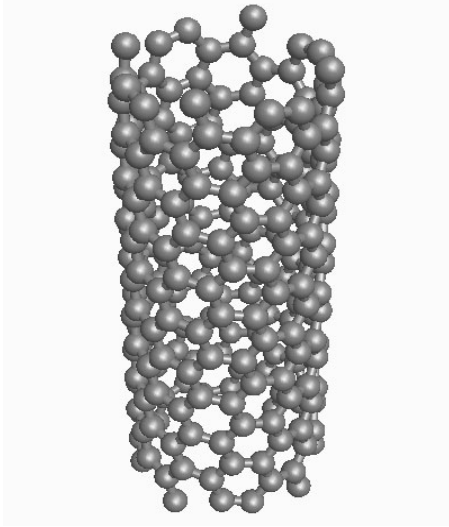


Рис. 1. Хиральная НТ с индексами (8,4)

Результаты и их обсуждение. Первопринципные расчеты электронных свойств хиральных НТ довольно сложны (много атомов в элементарной ячейке) и в литературе не удалось найти подобных расчетов для трубок с диаметром НТ $D > 0.8\text{nm}$. Именно, начиная с такого диаметра эффекты кривизны поверхности НТ не играют определяющей роли в расчетах электронных свойств НТ [6].

В табл. 1 отражены результаты наших расчетов зонной структуры 8 различных хиральных НТ.

Таблица 1

Структурные параметры и E_g хиральных НТ

(m,n)	C(nm)	D(nm)	$E_g(\text{ev})$
(8,4)	1.1308	0.837	0.812
(12,8)	1.8629	1.373	0.519
(15,5)	1.5411	1.419	0.489
(14,7)	1.1310	1.459	0.484
(10,2)	2.3783	0.881	0.897
(12,4)	1.5406	1.004	0.678
(10,5)	1.1303	1.045	0.731
(16,8)	1.1318	1.655	0.451

В работе [6] приведено аналитическое выражение для E_g НТ «зигзаг». Учет хиральности, следуя [8], достигается введением в последнее слагаемое множителя $\cos 3\theta$:

$$E_g^f = 0.743 \left[\frac{1}{D} + (-1)^k \cos 3\theta \frac{0.138}{kD^2} \right] \quad (2)$$

В табл. 2 приведены значения E_g^f для тех же 8 вариантов хиральных НТ, результаты расчетов которых представлены в табл. 1.

E_g^f хиральных НТ, согласно (2)

(m,n)	k	θ°	D	E_g^f	$E_g - E_g^f$
(8,4)	1	19.1	0.837	0.809	0.003
(12,8)	1	23.4	1.373	0.523	-0.004
(15,5)	1	13.9	1.419	0.486	0.003
(14,7)	1	19.1	1.459	0.483	0.001
(10,2)	2	9.0	0.881	0.902	-0.005
(12,4)	2	13.9	1.004	0.682	-0.004
(10,5)	2	19.1	1.045	0.736	-0.005
(16,8)	2	19.1	1.655	0.456	-0.005

Наибольшее различие между энергиями неэмпирических расчетов и по формуле (2) порядка 1%. Поэтому трудоемкие первопринципные расчеты для получения энергии запрещенной щели удобно заменить оценками по простой формуле (2). Тем более, что для НТ с тысячами атомов в элементарной ячейке провести неэмпирические расчеты практически невозможно. Заметим, что выражение (2) пригодно для определения ЗЩ любых полупроводниковых углеродных НТ, не только хиральных, но и типа «зигзаг».

Заключение. В рамках теории функционала плотности проведены неэмпирические расчеты электронных и структурных свойств восьми углеродных хиральных НТ. Полученные расчетные значения запрещенных щелей E_g хорошо описываются приведенным в статье аналитическим выражением (2) для хиральных углеродных НТ. Поэтому трудоемкие первопринципные расчеты для получения энергии запрещенной щели удобно заменить оценками по простой формуле (2).

Список литературы

1. Елецкий А.В. Механические свойства углеродных наноструктур и материалов на их основе / А.В. Елецкий // УФН. – 2007. – Т.177, №3. – С.233-274.
2. Харламова М.В. Электронные свойства одностенных углеродных нанотрубок и их производных / М.В. Харламова // УФН. – 2013. – Т.183, №11. – С.1145-1174.
3. Дьячков П.Н. Электронные свойства и применение нанотрубок / П.Н. Дьячков. – Москва, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 488с.
4. Charlier J.-C. Electronic and transport properties of nanotubes / J.-C. Charlier, X. Blase, S. Roche // Rev. Mod. Phys. – 2007. – V.79. – P.677-732.
5. Saito R. Electronic structure of chiral grapheme tubules / R. Saito, M. Fujita, G. Dresselhaus, and M.S. Dresselhaus // Appl. Phys. Lett. – 1992. – V.60, N 18. – P.2204-2206.
6. Бутько В.Г. Запрещенная щель в электронных спектрах углеродных нанотрубок типа «зигзаг» / В.Г. Бутько, А.А. Гусев // ФТВД. – 2018. – Т.28, №2. – С.90-97.
7. Kresse G. *Ab initio* molecular dynamics for open-shell transition metals /G. Kresse, and J. Hafner // Phys. Rev. B. – 1993. – V. 48, N 17. – P.13115.
8. Yoriikawa H. Energy gaps of semiconducting nanotubes /H.Yoriikawa, S. Muramatsu// Phys. Rev. B. – 1995. – V. 52. – P.2723 -2727.

УПРАВЛЕНИЕ ГРУППОВОЙ СКОРОСТЬЮ ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА В ОПТИЧЕСКИ ЛИНЕЙНОЙ И ИЗОТРОПНОЙ СРЕДЕ

Галинский М.К.,

Румянцев В.В., д-р физ.-мат. наук, профессор

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР

fenix102030405@gmail.com

Введение. В настоящее время в науке проявляется интерес к формированию лазерных пучков с различной групповой скоростью [1-3]. Причиной тому, в частности, является их потенциальное применение в информационных технологиях [3,4].

Уменьшить групповую скорость пучка можно не только его пропусканием через более оптически плотную среду. В недавних работах университетов Глазго и Дилимана показано, что в линейной однородной изотропной среде групповая скорость пучка может не равняться скорости распространения плоской волны в этой среде [1,2]. Однако данные работы выполнены для частных случаев в рамках параксиального приближения.

Целью представляемой работы является получение уравнений, позволяющих вычислять параметры лазерных пучков с любой заранее заданной групповой скоростью. Никаких приближений, кроме линейности и изотропности среды в работе не применяется.

Теоретическая модель. Как известно, для описания электрического поля монохроматической световой волны применимо уравнение Гельмгольца: $\Delta \vec{E} + (n\omega / c)^2 \vec{E} = 0$. Представим искомое решение в виде комбинации амплитудной и фазовой составляющих $\vec{E} = \vec{A}(\vec{r}) \exp(i\varphi(\vec{r}))$ как это делают при выводе эйконального и антиэйконального приближений [5, 6], но сами приближения применять не будем. Здесь $\vec{A}$ и φ – распределения амплитуд и фаз колебаний поля в пространстве, являющиеся вещественными функциями координат.

Рассматривая какую-либо интерференцию, мы работаем не с волновым вектором, который строго равен $\vec{k} = \frac{\omega}{c} \vec{m}$, а с в градиентом фазы, который в лучевом приближении и рассмотрении плоских волн равен $-\vec{\nabla} \varphi = \frac{\omega}{c} \vec{m}$. Однако в общем случае градиент фазы по абсолютной величине не равен волновому числу. Поэтому в представляемой работе волновой вектор определен в соответствии физическому смыслу $\vec{k} = -\vec{\nabla} \varphi$.

Результат. В рамках описанной теоретической модели получена система уравнений, связывающая параметры поля волны, а именно

распределение амплитуд и фаз в пространстве с распределением в пространстве групповой скорости (1):

$$\begin{cases} \Delta \vec{A} + \left(\frac{n\omega}{c} \right)^2 \left(1 - n^2 \frac{\vec{V}^2}{c^2} \right) \vec{A} = 0 \\ n \vec{A} \operatorname{div}(\vec{V}) + 2(\vec{V} \cdot \vec{\nabla})(n \vec{A}) = 0, \\ \vec{\nabla} \varphi + \omega \frac{n^2}{c^2} \vec{V} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

где $\vec{V}$ – групповая скорость волны, n – абсолютный показатель преломления среды. Обе величины являются вещественными функциями координат.

Полученная система уравнений позволяет решать не только прямую задачу – нахождение распределения групповой скорости пучка, зная характеристики поля волны (распределение амплитуд и фаз колебаний поля), но и обратную задачу – нахождение параметров поля волны, обеспечивающих получение необходимого распределения групповой скорости в пространстве.

Для проверки полученной системы уравнений (1) разберем самый простой пример решения такой обратной задачи – нахождение параметров поля линейно поляризованной волны при постоянной групповой скорости, т.е. ни направление, ни величина групповой скорости не зависят от координат. Тогда, после некоторых преобразований системы (1), получим следующее: волновой фронт такой волны плоский, распределение амплитуд постоянно вдоль распространения волны, но переменено в направлении, нормальном к направлению групповой скорости. Используя цилиндрическую систему координат, такую что ось OZ и групповая скорость сонаправлены, и ведя поиск распределения амплитуд в аксиально-симметричном виде, получим:

$$r^2 \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial r^2} + r \frac{\partial \vec{A}}{\partial r} + \left(\frac{r\omega}{c} \right)^2 \left(1 - \left(\frac{\vec{V}}{c} \right)^2 \right) \vec{A} = 0. \quad (2)$$

Данное уравнение является частным случаем дифференциального уравнения Бесселя нулевого порядка. Иными словами, полученное решение полностью соответствует пучку Бесселя первого рода.

Отклонение групповой скорости в пучке Бесселя продемонстрировано в работе [1]. Подстановка параметров пучков Бесселя, использованных в экспериментальной работе [1], в полученные уравнения приводит к результатам, хорошо согласующимся с экспериментом.

В качестве примера решения прямой задачи в рамках работы показано, что групповая скорость в пучке Гаусса не везде равна скорости

света. Пусть пучок Гаусса распространяется вдоль оси OZ . График зависимости проекции групповой скорости на ось OZ от координат показан на рис. 1. Начало координат выбрано в середине узкой части пучка. Радиус пучка в узкой его части 2 мкм, а длина волны 632.8 нм.

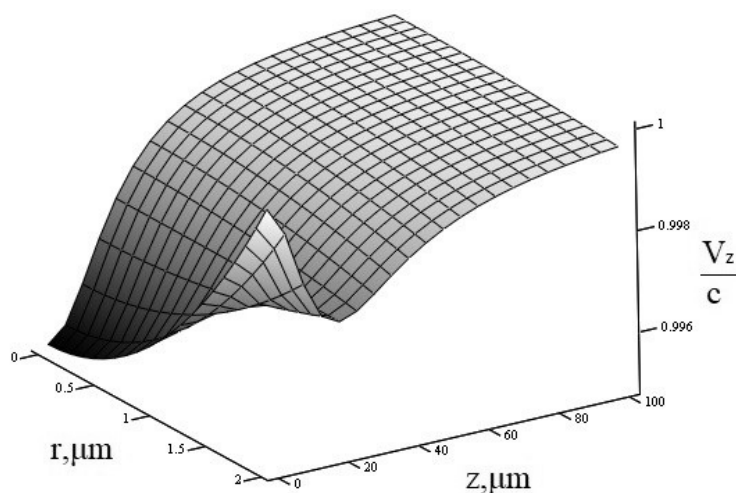


Рис. 1. Распределение проекции групповой скорости на ось OZ в пространстве

Заключение. В последние годы в науке проявляется интерес к формированию лазерных пучков с различной групповой скоростью. Проведенная работа является актуальной в информационных технологиях, в частности, в передаче сигналов, для создания оптических пинцетов и микроманипуляторов, и т.д. [2,3,4].

Показано, что формирование пучка Бесселя является простейшим, но далеко не единственным способом управления групповой скоростью.

Также показано, что групповая скорость световой волны в пучке Гаусса не везде равна скорости плоской волны в среде, а отличается от таковой вблизи узкого участка пучка.

Список литературы

1. Giovannini D. Spatially structured photons that travel in free space slower than the speed of light / D.Giovannini, J.Romero, V.Potoček, G.Ferenczi, F.Speirits, S.M.Barnett, D.Faccio, M.J.Padgett // *Science*. – 2015. – V. 347. – P. 857–860.
2. Bareza N.D. Subluminal group velocity and dispersion of Laguerre Gauss beams in free space / N.D.Bareza, N.Hermosa // *Scientific Reports*. – V. 6. – P. 26842–26847.
3. Bigelow M.S. Observation of Ultraslow Light Propagation in a Ruby Crystal at Room Temperature / M.S.Bigelow, N.N.Lepeshkin, R.W.Boyd // *Physical Review Letters*. – 2003. – V. 90. – P. 113903–113906.
4. Rumyantsev V.V. Dispersion characteristics of electromagnetic excitations in a disordered one-dimensional lattice of coupled microresonators / V.V.Rumyantsev, S.A.Fedorov, K.V.Gumennyk, M.V.Sychanova // *Physica B: Condensed matter*. – 2015. – V. 461. – P.32–37.
5. Vázquez L. The wave equation: From eikonal to anti-eikonal approximation / L.Vázquez, J S.iménez, A.B.Shvartsburg // *Modern Electronic Materials*. – 2016. – V. 2. – P. 51–53.
6. Сивухин Д.В. Общий курс физики / Д.В.Сивухин. – Т. IV. Оптика. – М: Физматлит. 2005.

ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ $Mn_{1-x}Cr_xNiGe$.

Запорожец В.Д.¹, Вальков В.И.², Грибанов И.Ф.²

¹ ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

² ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР.

vladislav.z1996@gmail.com

Сплавы системы $Mn_{1-x}Cr_xNiGe$ в настоящее время позиционируются как «зеленые» магнитокалорические материалы, перспективные для использования в магнитных рефрижераторах. Как известно, $MnNiGe$ характеризуется мартенситным фазовым переходом из низкотемпературной орторомбической структуры типа $TiNiSi$ в высокотемпературную гексагональную структуру типа Ni_2In , температура которого при нагревании $T_{st} \sim 528$ К [1]. В литературе отмечается сильная зависимость T_{st} от состава и методики приготовления образцов, что приводит к разбросу ее значений у разных авторов. Магнитное упорядочение в основном состоянии – двойная спираль, которая при $T > 260$ К превращается в простую спираль с точкой Нееля $T_N = 346$ К. Переход в парамагнитное (PM) состояние является типичным изоструктурным магнитным фазовым переходом 2-го рода [1].

Магнитное поведение $MnNiGe$ подвержено радикальному изменению при внешних воздействиях (легировании, специальной термообработке, наложении давления и др.). В частности, замещение атомов Mn атомами Cr приводит к сжатию решетки, понижению T_{st} и возникновению ферромагнитного (FM) состояния на месте гелимагнитной (HM) фазы. Комбинируя легирование Cr и твердофазную закалку от температуры гомогенизирующего отжига удается совместить магнитный и структурный переходы, изменив при этом характер магнитного превращения PM–FM от изоструктурного перехода 2-го рода до магнитоструктурного перехода 1-го рода, обуславливающего гигантский магнитокалорический эффект (МКЭ) [2, 3]. Ранее установлено, что сжатие решетки $MnNiGe$ является критически важным моментом для возникновения FM-упорядочения, совмещения магнитного и структурного фазовых переходов и реализации гигантского МКЭ [2-4]. Однако различные способы осуществления такого сжатия имеют свои особенности влияния на физические (в том числе функциональные) характеристики данного сплава. Исследованию этого вопроса посвящена настоящая работа.

Поставленная задача решалась путем построения и сравнения фазовых Р-Т-диаграмм образцов, медленно или быстро охлажденных от температуры, превышающей T_{st} . В наших экспериментах быстрое охлаждение обеспечивалось твердофазной закалкой образцов в воду от температуры гомогенизирующего отжига 850 °С. Выбор диапазона

концентраций Cr ($0 < x < 0,11$) обусловлен отдельным существованием магнитного и структурного фазовых превращений в сплавах $Mn_{1-x}Cr_xNiGe$ (в том числе закаленных) при таком уровне легирования хромом. Дальнейшее увеличение содержания Cr (исследован диапазон $0 < x < 0,25$) приводит к совмещению указанных переходов сначала в закаленных, а затем и в медленно охлажденных образцах [2-3]. Для идентификации фаз и определения положения на P - T -диаграммах линий, соответствующих магнитным и магнитоструктурным фазовым переходам, измерялись температурные и полевые зависимости намагниченности при разных давлениях. Эксперименты проводились с помощью маятниковых магнитных весов с подвешенным к концу маятника немагнитным контейнером высокого давления. Результаты представлены ниже.

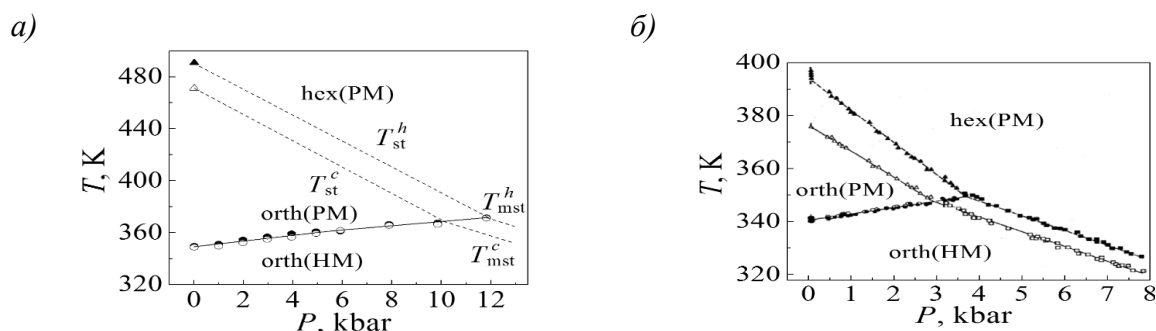


Рис. 1. Фазовые P - T -диаграммы образцов сплава $MnNiGe$, медленно охлажденного (а) и быстро охлажденного от $T = 300^\circ C$ (б) [5]. Темные и светлые символы означают соответственно нагрев и охлаждение образца в процессе структурного ($\blacktriangle$, $\triangle$), магнитного ($\bullet$, $\circ$) и магнитоструктурного ($\blacksquare$, $\square$) переходов, характеризующихся температурами T_{st} , T_m и T_{mst}

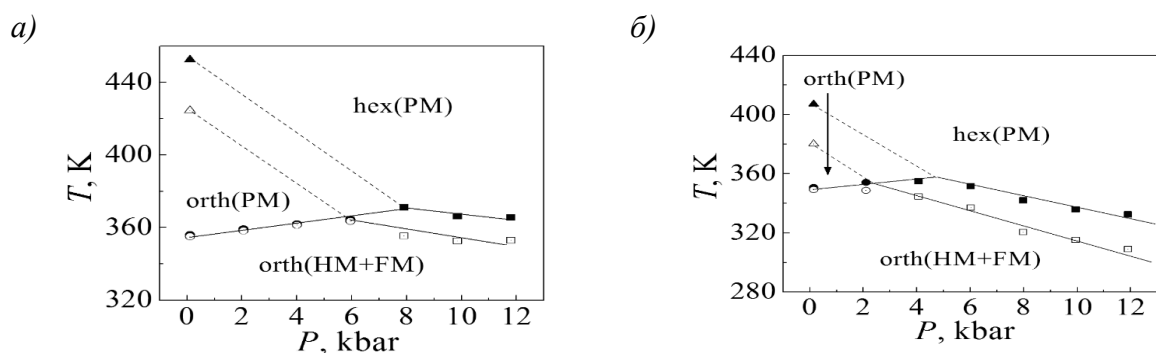


Рис. 2. Фазовые P - T -диаграммы образцов сплава $Mn_{0.93}Cr_{0.07}NiGe$, медленно охлажденного (а) и закаленного в воду от $T_{ann}=850^\circ C$ (б). Обозначения те же, что на рис.1

Сравнивая P - T -диаграммы медленно и быстро охлажденных образцов (рис. 1, 2), можно сделать вывод, что интегральный эффект влияния быстрого охлаждения на магнитоструктурные свойства сплава в основном аналогичен действию давления и сводится к смещению оси ординат на P - T -диаграммах медленно охлажденных сплавов в сторону увеличения давления. Однако, как уже отмечалось, различные способы сжатия

кристаллической решетки приводят к различному влиянию на физические и функциональные характеристики исследуемых сплавов, в частности на параметры магнитоструктурного перехода порядок–беспорядок и связанного с ним МКЭ. Наглядно это можно продемонстрировать на примере сплава $\text{Mn}_{0.89}\text{Cr}_{0.11}\text{NiGe}$, позиционируемого как тестового материала в системе $\text{Mn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{NiGe}$ ($x < 0.25$), для которого уже закалка в воду от температуры гомогенизирующего отжига приводит к совмещению структурного и магнитного переходов [2–3] (рис. 3, 4).

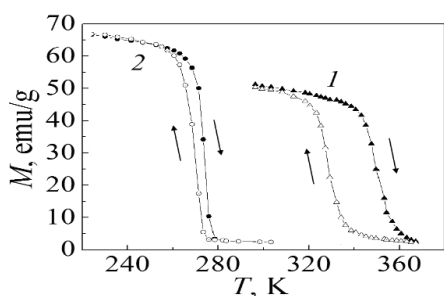


Рис. 3. Сравнение влияния термической предыстории и внешнего давления на магнитоструктурный переход порядок–беспорядок в сплаве $\text{Mn}_{0.89}\text{Cr}_{0.11}\text{NiGe}$. Зависимости $M(T)$ измерены в магнитном поле $B = 0.97$ Т: 1 – медленно охлажденный образец, $P = 14$ kbar; 2 – образец закален в воду от $T_{\text{ann}} = 850^\circ\text{C}$, $P = 0$

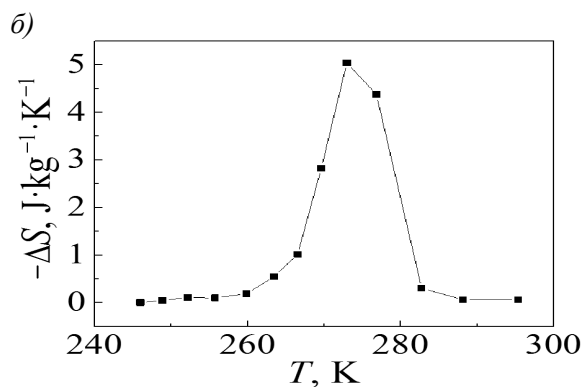
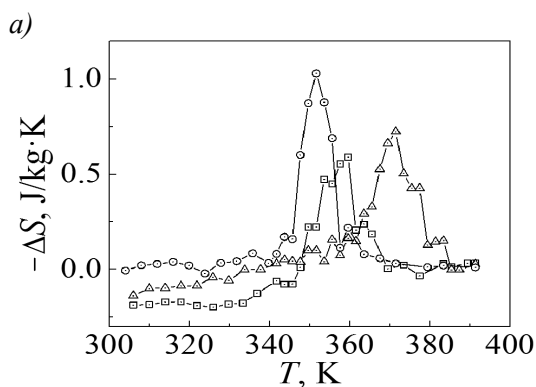


Рис. 4. Сравнение температурных зависимостей скачков энтропии в процессе изотермического намагничивания сплава $\text{Mn}_{0.89}\text{Cr}_{0.11}\text{NiGe}$ в магнитном поле $\Delta B = 0\text{--}1$ Т при разных условиях получения и измерения образцов: а – медленно охлажденный образец, P , kbar: $\square$ – 0, $\triangle$ – 8, $\circ$ – 14; б – образец закален в воду от $T_{\text{ann}} = 850^\circ\text{C}$, $P = 0$

Из рис. 3 и 4 видна существенная зависимость параметров перехода FM-PM и величины МКЭ от условий, определяющих сжатие кристаллической решетки, что затрудняет прогнозирование результатов такого воздействия. Поэтому всестороннее исследование влияния различных факторов на магнитоструктурные свойства рассматриваемых сплавов остается необходимым условием для успешной оптимизации их служебных характеристик.

Список литературы

1. H.Fjellvag, A.F. Andresen. J. Magn. Magn. Mater. 50, 291 (1985).
2. И.Ф. Грибанов, А.П. Сиваченко и др. ФТВД 23, № 3, 15-22 (2013).
3. T. Jaworska-Gołąb, S. Baran, et al. J. Magn. Magn. Mater. 385, 1 (2015).
4. А.В. Головчан, И.Ф. Грибанов. ФТВД 23, № 3, 23-30 (2013).
5. S. Anzai, K. Ozawa. Phys. Rev. B 18, 2173 (1978).

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ДЕГИДРАТАЦИЮ КАПЛИ КОЛЛОИДА МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Кладько Д.В., Легенький Ю.А.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
fatbiolog@gmail.com, yu-legen@mail.ru

Введение. Процесс дегидратации многокомпонентных коллоидных растворов привлекает внимание исследователей различных областей уже на протяжении более 20 лет. [1] Эффект формирования кольцеобразных отложений, наблюдаемых при сушке коллоидных растворов, объясняется формированием капиллярного потока, возникающего в испаряющейся капле жидкости, направленный к линии контакта (пиннинга) капли с поверхностью. Многочисленные параметры, в том числе структура течения, взаимодействие с субстратом, условия сушки, физико-химические свойства растворенных веществ, растворителей, могут влиять на окончательный характер осаждения.

Однако в некоторых отраслях техники, такие как печать, нанесение тонкой пленки, биологическая маркировка и т.д. требуется однородное осаждение растворенных частиц. Как следствие, некоторые исследования рассматривают вопрос применения заряженных частиц в растворе для контролирования процесса формирования упорядоченной структуры осадка [2,3]. В работе [3] было показано, что параметры осаждения можно контролировать, применяя постоянные магнитные поля. Капли феррожидкости, высыхая при комнатных условиях без внешних воздействий, также формируют хорошо известные кольцевые структуры, что также является неблагоприятным аспектом при их использовании в различных устройствах [4].

Актуальность. Изучение микрогидродинамики капли представляет фундаментальный научный и практический интерес. Процессы в каплях используются в нано- и микротехнологиях [4], в формировании текстуры рельефных поверхностей, ранней медицинской диагностике [1] и т.д.

Целью данной работы является исследовать влияние магнитного поля с различными параметрами на процесс дегидратации коллоида магнитных наночастиц. В одном случае это было горизонтальное магнитное поле с напряженностью магнитного поля $H_1 = 2\text{кЭ}$, а во втором - вертикальные магнитные поля с напряженностями $H_2 = 4\text{кЭ}$ и $H_3 \leq 200\text{ Э}$.

Материалы и методы. Для экспериментов синтезировались магнитные наночастицы Fe_3O_4 методом соосаждения солей железа аналогично методике, описанной в работе [5]. Эксперимент по дегидратации происходил следующим образом: коллоидный раствор

магнитных наночастиц, объемом 15 мкл, наносили на кремниевые поверхности, находящиеся в магнитном поле. Регистрировали микрогидродинамические процессы с помощью микроскопа (увеличения 100-500х) и фотоаппарата.

Результат. В ходе исследования дегидратации капель коллоида магнитных наночастиц были обнаружены микрогидродинамические эффекты, происходящие в краевой зоне капли, наблюдаемые только при дегидратации в магнитном поле. При использовании вертикальных магнитных полей, напряженностью магнитного поля вплоть до 25 Э, обнаружены гидродинамические потоки, вырывающиеся из краевой зоны, имеющие извилистую форму и направленные, преимущественно радиально к центру капли (рис.1В). Интенсивность потоков прямо пропорциональна напряженности магнитного поля. Обнаруженный эффект происходит после пиннинга капли (рис.1А) и образования кольца определенной толщины по краю капли, сформированного из агрегированных магнитных наночастиц (рис.1Б). Данное явление обнаруживается и при использовании горизонтальных магнитных полей. Необходимо отметить, что подобный эффект не обнаруживается при дегидратации капли коллоида магнитных наночастиц без магнитного поля.

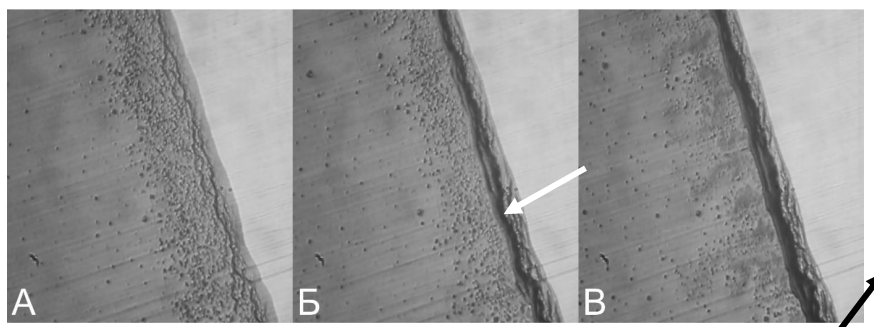


Рис. 1. Формирование потоков на краю капли, высыхающей в вертикальном магнитном поле ($H = 145$ Э). А – процесс пиннинга капли, Б – формирование кольца из агрегированных магнитных наночастиц (обозначено стрелкой), В – потоки, вырывающиеся из кольца (обозначены стрелкой). Увеличение микроскопа $\sim 250\times$

Заключение. В результате исследования были обнаружены микрогидродинамические потоки в капле коллоида магнитных наночастиц при ее дегидратации в магнитном поле, которые существенным образом меняют структуру осаждения при испарении капли. Подобный эффект не обнаруживается при дегидратации капель коллоида с магнитными наночастицами без магнитного поля.

Список литературы:

1. Тарасевич Ю.Ю. Механизмы и модели дегидратационной самоорганизации биологических жидкостей / Ю.Ю.Тарасевич // УФН, 2004 г., т.174. – №7. – С.779-790.

2. Diego Noguera Marin, Carmen Lucia, Moraila Martinez and all. Impact of the collective diffusion of charged nanoparticles in the convective/capillary deposition directed by receding contact lines // J Mater Sci., 2016, vol.39, pp. 1-9.
3. Mudra Jadav, R. J. Patel, and R. V. Mehta. Influence of magnetic field on evaporation of a ferrofluid droplet // Journal of Applied Physics, vol.122, pp. 145302-1- 145302-8.
4. Yuping Bao, Tianlong Wen, Anna Cristina S. Samia. Magnetic nanoparticles: material engineering and emerging applications in lithography and biomedicine // J Mater Sci., 2016, vol.51, pp. 513–553.
5. Massart R. Preparation of aqueous magnetic liquids in alkaline and acidic media // *Trans. Magn.*. 1981, vol. 17, pp 1247-1249.

УДК 620.3; 620.22; 621.3

НАНОТЕХНОЛОГИИ В ДОНФТИ: ОКСИДНЫЕ НАНОПОРОШКИ И КЕРАМИКА ДЛЯ МЕДИЦИНЫ

Константинова Т.Е., д-р физ.-мат. наук, профессор

ГУ «Донецкий физико-технический институт А.А.Галкина», г. Донецк, ДНР

Прогресс в области материалов в последние годы и особенно появление нанотехнологий способствовали широкому использованию новых материалов в медицине, которые в настоящее время получили большую перспективу и широкий спектр применения во всем мире. Однако особенно остро проблемы лечения и восстановления здоровья граждан встали сейчас в молодой Донецкой Народной Республике в силу развития негативных политических событий и создавшейся ограниченности взаимодействия с окружающим миром. Тем не менее в Республике в настоящее время имеются разработки, способные совершить прорыв в эффективности лечения и восстановления здоровья граждан Республики за счет внедрения новых наноматериалов.

В Донецком физико-техническом институте им. А.А.Галкина разработана современная технология получения оксидных нанопорошков с заданными характеристиками и показана возможность получения керамических имплантов для ортопедии и стоматологии на основе диоксида циркония – материала, имеющего очень хорошую биосовместимость, высокую прочность и износостойкость, а также стойкость против деградации по сравнению со всеми другими керамическими материалами.

В последние три года разработаны новые технологии, позволяющие получать широкий класс нанопорошков композитного состава с модифицированной под определенные функциональные задачи поверхностью как в виде твердого раствора, так и в виде отдельных кластеров или наночастиц вводимых компонентов, лежащих на поверхности исходных наночастиц, что придает таким материалам заданные уникальные свойства.

Импланты для стоматологии и ортопедии. Следует отметить, что в последние годы ведущие фирмы-производители материалов и стоматологи-

ческих изделий в Европе, Америке и Корее отошли от протезирования с помощью металла и металлокерамики и используют керамику на основе оксида алюминия, диоксида циркония и композитов на их основе. Клинические испытания показали безусловное преимущество керамики на основе диоксида циркония. В Швеции фирмой «Nobel» разработаны станки с компьютерным управлением и уже широко используются на практике. Такие станки позволяют получать заготовки по технологии CAD / CAM - компьютерный дизайн с помощью 3D программ, включая сканирование и компьютерно- программируемое изготовление имплантов

Производство материала для протезирования зубов в настоящее время в ДНР отсутствует. Стоматологические фирмы используют зарубежные материалы, что определяет очень высокую стоимость протезирования. Преимущества использования керамики на основе диоксида циркония для стоматологических целей заключаются в следующем: отсутствие активного металла во рту и, соответственно, нарушения кислотно-щелочного баланса и аллергической реакции, естественный эстетический вид, здоровые десны, защита от кариеса и негативного влияния тепло-холод изменений, высокая точность изготовления. Допустимая толщина каркасной стенки в случае диоксида циркония составляет всего 0,4 мм, что допускает минимальную обточку зубов. Высокая прочность в сочетании с высокой трещиностойкостью (рис. 1) позволяет изготавливать протяженные мостовидные протезы с двумя промежуточными звеньями. Этот же материал используется для стоматологических имплантов и реставрационных деталей (вкладки, накладки, вениры).

Показатели по прочности стоматологических керамик

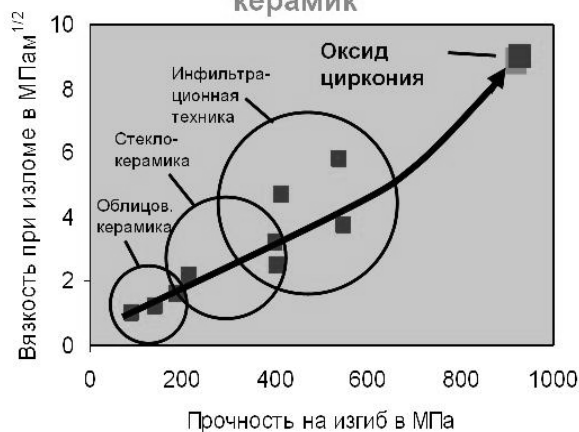


Рис. 1

Следует отметить, что успех стоматологических вмешательств является безусловно важным в эстетическом смысле для современного человека и не менее внушительным фактором для выполнения жевательного процесса и работы желудочно-кишечного тракта, то есть для общего здоровья человека.

Ситуация с использованием новых материалов в ортопедии и

травматологии, где необходимость в протезировании обусловлена болезнями и травмами, связана с трудностями изготовления протезных изделий, требования к которым включают также биосовместимость, высокую прочность и трещиностойкость. Эндопротезирование тазобедрен-

ного и коленного суставов является эффективным и в большинстве случаев единственным способом восстановления утраченной функции конечности.

Ежегодно в мире имплантируется 1 млн. тазобедренных эндопротезов и 150 тыс. коленных протезов. В Украине потребность в имплантации тазобедренных суставов составляет 50 тыс. в год (в то время реально выполняется не более 5 тыс. операций в год). Около 20 % замен суставов является ревизионными, то есть требующими восстановления оригинальных имплантатов.

Долговечность тазобедренных протезов и крепежных деталей для позвоночника отечественного производства является серьезным ограничением их использования, особенно для относительно молодых и активных людей. То же касается и зубных имплантов и протезов, которые теряют свою устойчивость в относительно короткое время из-за низкой прочности и трещиностойкости. Разработка и производство указанных изделий на основе диоксида циркония могут решить указанные проблемы.

Замена металла керамикой практически на порядок уменьшает коэффициент трения и износ деталей соединения, значительно продлевая срок службы эндопротеза (табл. 1). Использование же металла и полимерных материалов приводит к возникновению продуктов износа (частицы, стружка), которые накапливаются в области соединения, что требует повторных операций.

Таблица 1

Показатель	Значения для разных пар материалов		
	металл-металл	металл-полиэтилен	керамика-керамика
Коэффициент трения	0,1...0,3	0,06...0,1	0,002...0,07
Скорость объемного износа (мм ³ /год)	0,1...1,0	30...100	0,5...1×10 ⁻³
Размер частиц износа (нм)	30	300	10
Биологическая активность	снижение жизнеспособности клеток	17,5	0,2

Особо следует отметить и важность использования оксидных нанопорошков, имеющих множество возможностей для получения положительных эффектов в медицине, роль которых сильно возросла с развитием нанотехнологий. В Донецком физико-техническом институте им. А.А.Галкина разработана уникальная технология получения неагрегированных оксидных нанопорошков для переноса лекарственных средств, остановки кровотечений, для использования в качестве антисептических ранозаживляющих материалов и сорбентов.

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ ТОНКИХ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ LSMO ПЛЕНОК

Корнеевец А.С., Эфрос Н.Б.,

Николаенко Ю.М., канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР

xerfaser1@gmail.com

Введение. Тонкие эпитаксиальные пленки и многослойные пленочные структуры широко используются в промышленном производстве целого ряда устройств электронной техники. Кроме того, в настоящее время технология выращивания эпитаксиальных пленочных структур магнетронным методом является важным инструментом научных исследований новых перспективных материалов. Технология изготовления тонких пленок постоянно совершенствуется благодаря развитию методов контроля наиболее важных характеристик, определяющих полезные свойства, с точки зрения практических применений [1-3].

Актуальность. Контроль количественных характеристик в отношении магнитных, электропроводящих и оптических свойств, зависит от точности определения толщины пленок. Тем не менее, надежный контроль толщины тонких пленок, как свидетельствует наш опыт, не является простым, поскольку возможности каждого из существующих методов являются ограниченными.

Цель. Для контроля толщины тонких эпитаксиальных LSMO пленок мы рассмотрели четыре возможности, связанные с измерением прямых и косвенных характеристик. К прямым методам контроля следует отнести оценку толщины пленки по SEM изображению торца пленочной структуры и, второй метод - гравиметрический, заключающийся в вычислении усредненной толщины исходя из измерений массы пленки. В качестве косвенных методов мы рассматриваем возможность оценки толщины исходя из атомного состава, который формально регистрирует SEM на поверхности пленки и, четвертый - это оценка по величине коэффициента пропускания оптического излучения через пленочную структуру.

Результат. Экспериментально изучены особенности контроля наноразмерной толщины LSMO пленок с помощью гравиметрического метода и SEM изображений бокового скола пленки. Предложен косвенный метод контроля толщины пленок, основанный на анализе данных по относительному содержанию атомов в пленочных структурах, которое регистрируется энергодисперсионным спектрометром со стороны пленки. Область с возбужденным состоянием вещества характеризуется микроскопическим размером, до 5 нм по глубине. Поэтому, при наличии

пленки детектор регистрирует наличие атомов, содержащихся и в пленке и в подложке. По мере роста толщины пленки регистрируемое анализатором содержание атомов изменяется. Содержание атомов подложки убывает, а пленки, соответственно, увеличивается, и в принципе этот факт можно использовать для оценки толщины. Достоинством такой оценки является удобство измерений, поскольку они являются штатными, количественными и не требуют какой-либо доработки прибора и программного обеспечения. В то же время, зависимость относительной концентрации Mn является нелинейной. Поэтому калибровочная кривая должна быть достаточно подробной.

Для оценки малых толщин пленок, коэффициент пропускания K монотонно изменяется по мере изменения толщины пленки в интервале $10 < d < 150$ nm, что демонстрирует принципиальную возможность косвенного контроля толщины. Тем не менее, такая же зависимость коэффициента пропускания для пленок без термообработки является немонотонной[4]. Т.е., метод перспективен для оценки малых толщин $d < 100$ nm, однако при работе со слабопоглощающими пленочными слоями его возможности ограничены.

В **заключении** отметим, что получение количественного согласия результатов этих методов позволит калибровать косвенные методы контроля, и, затем, изучить более тонкие эффекты, связанные с эпитаксиальным ростом и качеством пленок разной толщины.

Список литературы

1. Груздов В.В., Колковский Ю.В., Концевой Ю.А. Контроль новых технологий в твердотельной СВЧ электронике, Москва: Техносфера, 328 с., (2016).
2. Jagan Singh Meena, Simon Min Sze, Umesh Chand and Tseung-Yuen Tseng, Nanoscale Research Letters 9:526 (2014).
3. J.-H.Kim and, A.M.Grishin, Appl. Phys. Lett. **87**, 033502-1-3 (2005).
4. А.А. Тихий, В.А. Грицких, С.В. Кара"Мурза, Ю.М. Николаенко, И. В. Жихарев, Оптика и спектроскопия 112, № 2, с. 329 (2012).

ОСОБЕННОСТИ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ СПЛАВАХ

Метлов Л.С., д-р физ.-мат. наук,

Чистик Я.О.

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк, ДНР

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

lsmet@donfti.ru

Введение. При мартенситном переходе в сплавах Гейслера образуются эквивалентные фазы мартенсита с одинаковыми по глубине потенциальными ямами (вырождение) [1]. Отклонение от стехиометрического состава, например сплава $\text{Ni}_{2+x}\text{Mn}_{1-x}\text{Ga}$, можно рассматривать как структурные дефекты и применить для анализа методы неравновесной эволюционной термодинамики [2].

Постановка задачи. Свободную энергию для сплава Гейслера [3] с учетом взаимодействий параметров порядка со структурными дефектами с плотностью x можно записать в виде

$$\begin{aligned} \Phi = & \frac{1}{2}a(e_2^2 + e_3^2) + \frac{1}{3}be_3(e_3^2 - 3e_2^2) + \frac{1}{4}c(e_2^2 + e_3^2)^2 \\ & + B_2\left(\frac{1}{\sqrt{2}}e_2(m_1^2 - m_2^2) + \frac{1}{\sqrt{6}}e_3(3m_3^2 - m^2)\right) + B_3(e_4m_1m_2 + e_5m_2m_3 + e_6m_3m_1) \\ & + \frac{1}{2}\alpha_1(m_1^2 + m_2^2 + m_3^2) + \frac{1}{4}\delta_1(m_1^2 + m_2^2 + m_3^2)^2 + K_1(m_1^2m_2^2 + m_2^2m_3^2 + m_3^2m_1^2) - vTe_1 \\ & + A_1xe_1 + A_2xe_2 + A_3xe_3 + C_1xe_1^2 + C_2xe_2^2 + C_3xe_3^2 \\ & + E_1xm_1 + E_2xm_2 + E_3xm_3 + G_1xm_1^2 + G_2xm_2^2 + G_3xm_3^2 \end{aligned} \quad (1)$$

где e_2 и e_3 – сдвиговая и дилатансионная составляющие деформации, m_1 , m_2 , m_3 – компоненты вектора намагниченности. Деформация в данном случае является вторичным структурным параметром порядка.

Для стехиометрического сплава $x = 0$ свободная энергия состоит из суммы инвариантов кубической симметрии. Благодаря оси вращения третьего порядка имеет три одинаковые по глубине потенциальные ямы (энергетическое вырождение) [1]. Отклонение от стехиометрии $x \neq 0$ нарушает кубическую симметрию сплава, и снимает энергетическое вырождение. Минимумы свободной энергии ниже температуры фазового перехода имеют разную глубину и появляются при разных температурах (рис. 1).

Снятие энергетического вырождения можно осуществить за счет внутренних напряжений, вызванных структурными дефектами. На рис. 1 приведены рельефы свободной энергии для плотности дефектом $x = 0.1$ и

для случая, когда только один коэффициент, характеризующий дефектную подсистему, не равен нулю $A_2 = 0.0002$.

При высокой температуре (рис. 1, е) существует только один минимум, который соответствует аустенитной фазе. Поскольку центр потенциальной ямы не совпадает строго с началом системы координат, то это свидетельствует об отклонении от строгой кубической симметрии.

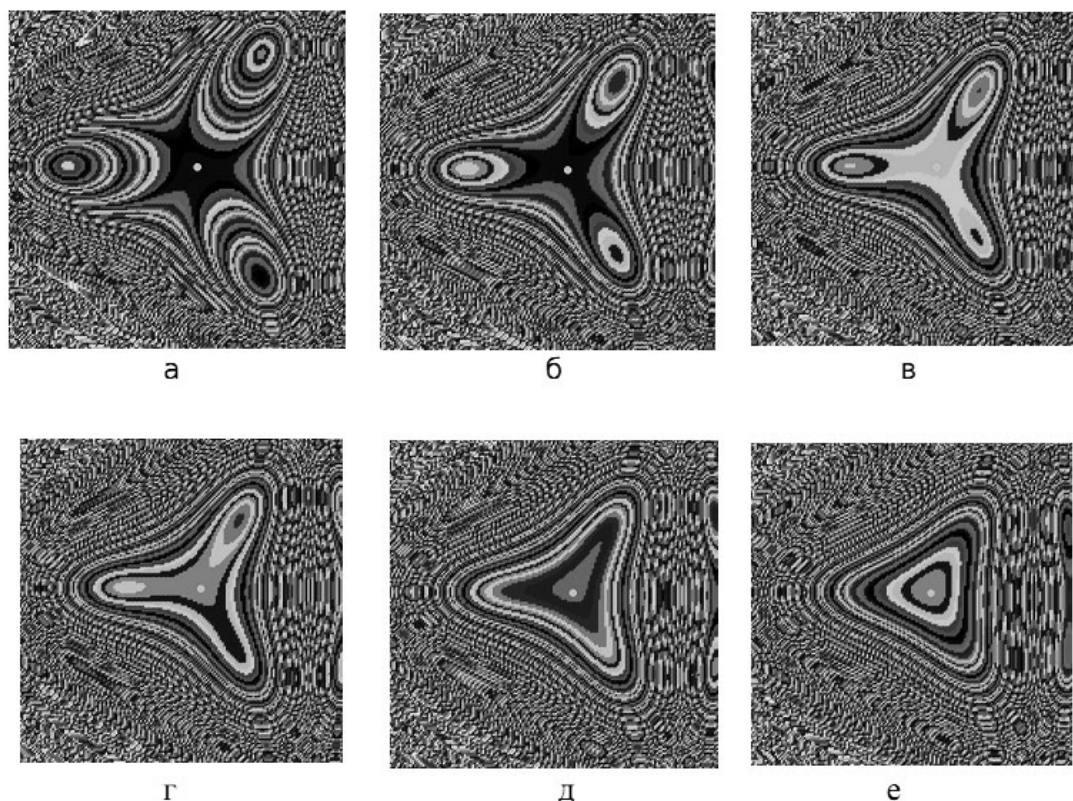


Рис. 1. Рельеф структурной части свободной энергии при температурах:
а) $T = 195$ К; б) $T = 201$ К; в) $T = 203$ К; г) $T = 204$ К; д) $T = 206$ К; е) $T = 210$ К

При снижении температуры (рис. 1, д) «аустенитный» минимум плавно смещается в сторону мартенситного минимума 2 (нумерацию минимумов см. в [1]). При дальнейшем снижении температуры появляется минимум 1 (рис. 1, г), а затем минимум 3 (рис. 1, в).

Таким образом, за счет нестехиометрии ($x \neq 0$) мартенситный переход может протекать, как последовательность отдельных структурных фазовых переходов по мере появления новых минимумов.

Список литературы

1. Л.С. Метлов, В.В. Коледов, В.Г. Шавров ФТВД 28, 1, 25 (2018).
2. L.S. Metlov Phys. Rev. Lett. 106, 165506 (2011).
3. A.N. Vasil'ev, A.D. Bozhko, V.V. Khovailo et al. Phys. Rev. B. 59, 3, 1113 (1999).

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ (1 - x)BiFeO₃ - xYMnO₃

Михайлов В.И., канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР

mikhaylovv55@gmail.com

Введение. Интерес к мультиферроикам обусловлен с одной стороны фундаментальными свойствами этих материалов, с другой стороны ожидается практическое применение в таких областях как сенсорная техника, спинтроника и логические устройства [1,2].

Среди мультиферроиков наиболее интересным является BiFeO₃. Установлено, что в чистом BiFeO₃ имеют место три температурных фазовых перехода: ферроэлектрический при $T_{FE} \sim 1100$ К, антиферромагнитный при $T_N = 643$ К, а также сегнетоэластический при $T_{SE} \sim 1193$ К [1]. BiFeO₃ относится к высокотемпературным мультиферроикам, перспективным для практического применения. Но, как известно, он является антиферромагнетиком вследствие геликоидального магнитного упорядочения вдоль оси [111]. Чтобы BiFeO₃ проявил свойства мультиферроика, т.е. чтобы разрушить геликоидальную спиновую структуру, необходимо к объемному материалу приложить магнитное поле порядка 20 Т [1]. Существуют различные способы разрушить геликоидальную структуру. Например, получение тонких пленок из BiFeO₃ [2,3].

В последние годы появилось много работ по системам твердых растворов на основе BiFeO₃ [2,3]. Структурные изменения в твердых растворах BiFeO₃ – YMnO₃ достаточно подробно описаны в работе [2]. Но в ней не исследовались магнитные свойства этих твердых растворов. В работе [3] были получены тонкие пленки (1-x)BiFeO₃ – xYMnO₃ (x= 0; 0.05; 0.1 и 0.15) на подложке (001)SrTiO₃ методом импульсного лазерного напыления. При комнатной температуре были получены петли магнитного гистерезиса M(H). Максимальная намагниченность наблюдалась для x=0.1, она уменьшалась для x=0.05 и 0.15, а самая маленькая была у пленок BiFeO₃.

BiFeO₃ и YMnO₃ являются антиферромагнетиками и мультиферроиками 1-го типа. В этих мультиферроиках сегнетоэлектричество проявляется при более высоких температурах, чем магнетизм. Например, в BiFeO₃ ($T_{FE} \sim 1100$ К, $T_N = 643$ К, а в YMnO₃ ($T_{FE} \sim 914$ К, $T_N = 76$ К). Связь между магнетизмом и сегнетоэлектричеством в этих материалах, как правило, довольно слабая. Следует ожидать, что физические свойства твердых растворов BiFeO₃ с YMnO₃ должны зависеть от концентраций компонентов.

Образцы керамик состава (1-x)BiFeO₃ – xYMnO₃ были получены по нитратной технологии. После разложения нитратов до окислов твердые

растворы $(1-x)\text{BiFeO}_3 - x\text{YMnO}_3$ с $x = 0.1; 0.2; 0.25; 0.3; 0.35$ и 0.5 были синтезированы при температурах $200\div 600^\circ\text{C}$. Продукты синтеза после перетирки были спрессованы в таблетки $\varnothing 8$ и толщиной $d = 1.5$ мм. Таблетки спекались при $T = 1000^\circ\text{C}$ на воздухе 18 часов.

В работе проведены исследования магнитных свойств системы твердых растворов (керамик) состава $(1-x)\text{BiFeO}_3 - x\text{YMnO}_3$ ($0.1 \leq x \leq 0.5$).

Цель работы – выяснить особенности магнитного упорядочения в зависимости от концентрации YMnO_3 .

Результаты. Запись петель перемагничивания производилась как с помощью вибрационного магнитометра LDJ-9500, так и индуктивно-частотной методики (автогенератор, частота модуляции поля 133 Гц).

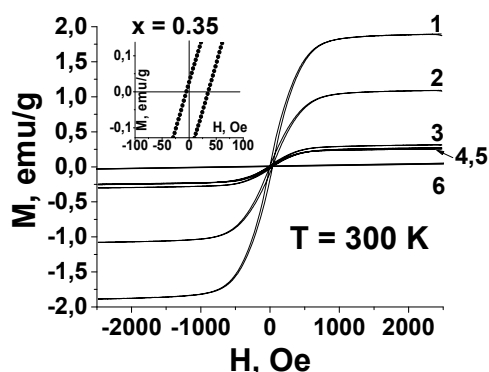


Рис. 1. Петли магнитного гистерезиса, измеренные при $T = 300\text{ K}$. Петли 1-6 - для образцов системы $(1-x)\text{BiFeO}_3 - x\text{YMnO}_3$: 1- $x=0.35$; 2- $x=0.2$; 3- $x=0.25$; 4- $x=0.3$; 5- $x=0.1$ и 6- $x=0.5$. На вставке (вверху) показан фрагмент петли гистерезиса для образца $0.65\text{BiFeO}_3 - 0.35\text{YMnO}_3$.

Из рис.1 видно, что максимальной намагниченности достигает образец с $x=0.35$. Далее по мере убывания намагниченности $M(2.5 \text{ кЭ})$ идут $x=0.2$ (петля 2), $x=0.25$ (петля 3), $x=0.3$ (петля 4), $x=0.1$ (петля 5) и $x=0.5$ (петля 6).

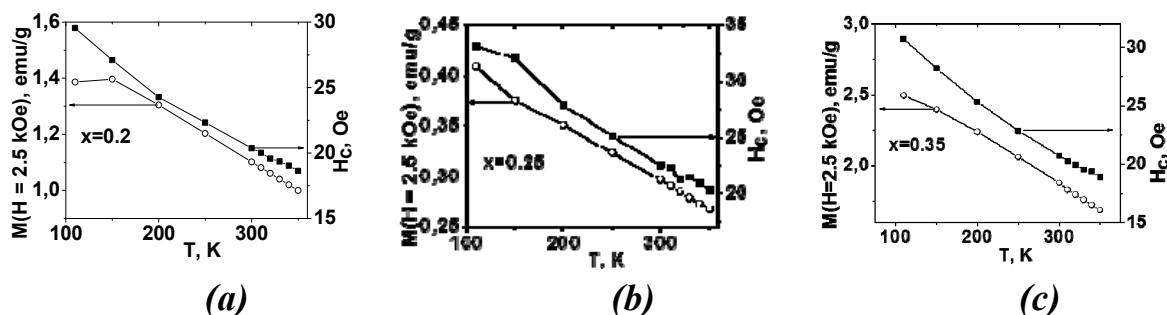


Рис. 2. Температурные зависимости намагниченности $M(H=2.5 \text{ кЭ}) = f(T)$ и поля коэрцитивности $H_c(T)$ для образцов $(1-x)\text{BiFeO}_3 - x\text{YMnO}_3$ с $x=0.2$ (a), $x=0.25$ (b), $x=0.35$ (c)

По ширине петли магнитного гистерезиса можно сделать вывод, что составы $(1-x)\text{BiFeO}_3 - x\text{YMnO}_3$ ($0.1 < x < 0.35$) – магнитно–мягкие ферромагнетики, чувствительные к слабому магнитному полю. Поле коэрцитивности для них составляет $H_c \sim 20 - 32 \text{ Э}$ (см. рис. 2).

Для $x=0.35$ и 0.25 по касательной к точке перегиба кривых $\chi'(T)$ определены температуры ферромагнитного упорядочения. Они оказались равными 549 и 551 К, соответственно (довольно близкие значения).

Обсуждение. За магнитное упорядочение в системе твердых растворов $(1-x)\text{BiFeO}_3 - x\text{YMnO}_3$ могут отвечать как взаимодействие Дзялошинского (в чистом BiFeO_3) [1], так и суперобменные взаимодействия Fe-O-Fe, Fe-O-Mn и Mn-O-Mn. Анализ кривых намагниченности $M(H)$ (рис.1) позволяет сделать вывод, что в этой системе в диапазоне концентраций $0.1 < x < 0.35$ наблюдается ферромагнитное упорядочение.

На вставке к рис.1 показан фрагмент петли гистерезиса для образца $0.65\text{BiFeO}_3 - 0.35\text{YMnO}_3$. Несимметричность петли гистерезиса подтверждает, что в образце кроме ферромагнитной фазы присутствует и антиферромагнитная фаза.

По данным работы [3], в которой исследовались тонкие пленки $(1-x)\text{BiFeO}_3 - x\text{YMnO}_3$, максимум намагниченности соответствует составу с $x=0.1$. Исследование керамических объемных образцов этой же системы в данной работе показывает, что максимум намагниченности соответствует составу с $x=0.35$.

Составы $(1-x)\text{BiFeO}_3 - x\text{YMnO}_3$ ($0.1 \leq x \leq 0.35$) – магнитно–мягкие ферромагнетики, чувствительные к слабому магнитному полю. Поле коэрцитивности для них составляет $H_c \sim 20 - 32$ Э (см. рис.2).

Список литературы

1. Пятаков А.П. Магнитоэлектрические материалы и мультиферроики / А.П.Пятаков, А.К.Звездин // Успехи физ. наук. – 2012, т.182, № 6. – С.593-620.
2. Назаренко А.В. Особенности структурных состояний в твердых растворах $\text{BiFeO}_3 - \text{YMnO}_3$ / А.В.Назаренко, А.Г.Разумная, М.Ф.Куприянов и др. // Физика твердого тела. – 2011, т.53, вып.8. – С.1523-1525.
3. Nie Peng-Xiao, Yi-Ping Wang, Ying Yang et al., Epitaxial growth and multiferroic properties of (001) – oriented $\text{BiFeO}_3 - \text{YMnO}_3$ films // Energy Harvesting and System.- 2015, v.2 (3-4). – P.157-162.

ДИСПЕРСИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ В НЕИДЕАЛЬНОЙ РЕШЕТКЕ МИКРОПОР

Паладян Ю.А., Гуров Д.А.,

Румянцев В.В., д-р физ.-мат. наук, профессор

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР

paladyan0108@yandex.ru

Введение. Использование новых материалов в качестве источников когерентного излучения занимают сегодня огромную область экспериментальных и теоретических исследований в области физики конденсированного состояния и нанотехнологий. **Актуальны** при этом работы, связанные с возможностью контролировать распространение электромагнитных возбуждений в полученных композитных структурах. Создание оптоэлектронных устройств стимулирует рост интереса к изучению оптических мод в системе микрорезонаторов.

Целью данной работы является исследование, исходя из представлений о поляритонных структурах [2], топологически упорядоченной системы микропор – туннельно связанных резонаторов. Изучены вызванные однородной упругой деформацией и дефектами структуры особенности спектра поляритонных возбуждений в решетке микропор, содержащей квантовые точки.

Результат. Опираясь на разработанный в [1,2] подход, рассмотрим подробнее электромагнитные возбуждения в решетке микропор с произвольным числом s подрешеток. Причем каждый из туннельно связанных микропор-микрорезонаторов содержит по одной оптической моде. В случае упругих деформаций гамильтониан $\hat{H}(\hat{\varepsilon})$ электромагнитных возбуждений, локализованных в резонаторах, зависит от тензора деформации $\hat{\varepsilon}$. В предположении, что плотность возбужденных состояний элементов в резонаторной и атомарной подсистемах мала, гамильтониан $\hat{H}(\hat{\varepsilon})$ в одноуровневой модели в приближении Гайтлера-Лондона [3], имеет вид:

$$\hat{H}(\hat{\varepsilon}) = \sum_{\substack{\vec{n}, \vec{m}, \alpha, \beta, \\ \lambda, \sigma}} D_{\vec{n}\alpha, \vec{m}\beta}^{\lambda\sigma}(\hat{\varepsilon}) \hat{\Phi}_{\vec{n}\alpha\lambda}^+ \hat{\Phi}_{\vec{m}\beta\sigma} = \sum_{\substack{\alpha, \beta, \lambda, \sigma, \\ \vec{k}}} D_{\alpha\beta}^{\lambda\sigma}(\vec{k}, \hat{\varepsilon}) \hat{\Phi}_{\alpha\lambda}^+(\vec{k}) \hat{\Phi}_{\beta\sigma}(\vec{k}), \quad (1)$$

$$D_{\vec{n}\alpha, \vec{m}\beta}^{11}(\hat{\varepsilon}) = \hbar \omega_{\vec{n}\alpha}^{at} \delta_{\vec{n}\alpha, \vec{m}\beta} + V_{\vec{n}\alpha, \vec{m}\beta}(\hat{\varepsilon}), \quad D_{\vec{n}\alpha, \vec{m}\beta}^{22} = \hbar \omega_{\vec{n}\alpha}^{ph} \delta_{\vec{n}\alpha, \vec{m}\beta} - A_{\vec{n}\alpha, \vec{m}\beta}(\hat{\varepsilon}),$$

$$D_{\vec{n}\alpha, \vec{m}\beta}^{12}(\hat{\varepsilon}) = D_{\vec{n}\alpha, \vec{m}\beta}^{21}(\hat{\varepsilon}) = g_{\vec{n}\alpha}(\hat{\varepsilon}) \delta_{\vec{n}\alpha, \vec{m}\beta}, \quad \hat{\Phi}_{\vec{n}\alpha}^{\lambda=2} = \hat{\Psi}_{\vec{n}\alpha}, \quad \hat{\Phi}_{\vec{n}\alpha}^{\lambda=1} = \hat{B}_{\vec{n}\alpha} \quad (2)$$

В выражениях (1), (2) $\omega_{\vec{n}\alpha}^{ph}$ – частота фотонной моды электромагнитного возбуждения, локализованного в $\vec{n}\alpha$ -ом узле (резонаторе), $\hat{\Psi}_{\vec{n}\alpha}^+$, $\hat{\Psi}_{\vec{n}\alpha}$ –

Бозе-операторы рождения и уничтожения этой фотонной моды в узельном представлении, $\hbar\omega_{\vec{n}\alpha}^{at}$ – энергия возбуждения квантовой точки в узле $\vec{n}\alpha$, $\hat{B}_{\vec{n}\alpha}, \hat{B}_{\vec{n}\alpha}^+$ – Бозе-операторы рождения и уничтожения этого возбуждения, $A_{\vec{n}\alpha\vec{m}\beta}(\hat{\varepsilon})$ – матрица резонансного взаимодействия, характеризующая перекрытие оптических полей резонаторов $\vec{n}\alpha$ -го и $\vec{m}\beta$ -го узлов решетки и, следовательно, определяющего вероятность перескока соответствующего электромагнитного возбуждения, $V_{\vec{n}\alpha\vec{m}\beta}(\hat{\varepsilon})$ – матрица резонансного взаимодействия квантовых точек в узлах $\vec{n}\alpha$ и $\vec{m}\beta$, $g_{\vec{n}\alpha}(\hat{\varepsilon})$ – матрица резонансного взаимодействия квантовой точки в узле $\vec{n}\alpha$ с локализованным в этом узле электромагнитным полем. Индексы λ, σ фиксируют наличие или отсутствие (при значении 2) квантовой точки в соответствующей микропоре. Заметим, что волновой вектор $\vec{k}$, характеризующий собственные состояния электромагнитных возбуждений в исследуемой системе, изменяется в пределах первой зоны Бриллюэна, которая вследствие однородной деформации является функцией тензора деформации $\hat{\varepsilon}$. Расчет собственных значений гамильтониана (1) проведен путем его диагонализации в результате применения преобразования Боголюбова-Тябликова [3]. Выполнение указанной процедуры, позволяет получить следующее выражение, определяющее спектр элементарных возбуждений $\Omega(\vec{k}, \hat{\varepsilon})$:

$$\det \left\| D_{\alpha\beta}^{\lambda\sigma}(\vec{k}, \hat{\varepsilon}) - \hbar\Omega(\vec{k}, \hat{\varepsilon})\delta_{\alpha\beta}\delta_{\lambda\sigma} \right\| = 0 \quad (3)$$

На основе приведенной выше теории рассмотрим конкретную модельную одноподрешеточную цепочку одинаковых микропор, содержащих случайным образом квантовые точки двух типов с концентрациями соответственно $C_C^{(1)}$ и $C_C^{(2)}$. Причем ближайшие соседи (поры-микрорезонаторы) также случайным образом удалены друг от друга на расстояниях либо $a_1(\varepsilon)$ с концентрацией $C_T^{(1)}$, либо $a_2(\varepsilon)$ с концентрацией $C_T^{(2)}$ (причем $C_{C(T)}^{(1)} + C_{C(T)}^{(2)} = 1$, следовательно $C_{C(T)}^{(1)} = 1 - C_{C(T)}^{(2)} \equiv C_{C(T)}$). Численный расчет соответствующих величин выполнен для конкретных модельных значений частот резонансных фотонных мод, локализованных в резонаторах с собственной частотой $\omega^{ph} = 2\pi \times 387,5 \text{ ТГц} \approx 2434 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$, квантовых точек с частотами возбуждения $\omega_1^{at} = 2\pi \cdot 191 \text{ ТГц} \approx 1200 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$ и $\omega_2^{at} = 2\pi \cdot 202 \text{ ТГц} \approx 1269 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$. Значения параметров: $A/2\hbar = 8 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$, $V^{11}/2\hbar = 1 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$, $V^{22}/\hbar = 3 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$, полагаем, что $V^{12} \approx V^{21} = 6 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$, $g^{(1)}/\hbar = 5 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$, $g^{(2)}/\hbar = 1.5 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$ (в рамках используемого приближения величина резонансного взаимодействия квантовой точки в

соответствующем узле решетки с локализованным в данном узле электромагнитным полем от параметра ε деформации не зависит), периоды решетки равны $a_1 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ и $a_2 = 7 \cdot 10^{-6} \text{ м}$. Поверхности, описывающие дисперсионную зависимость частот $\Omega_{\pm}(k, \varepsilon, C_C, C_T)$ исследуемых коллективных возбуждений в неидеальной решетке микрорезонаторов, представлены на рис. 1.

Заключение. Выполненное в работе изучение зависимости параметров спектра элементарных возбуждений бинарной 1D неидеальной решетки связанных микропор, показывает, что в результате внедрения структурных дефектов в массив микропор и упругих деформаций исследуемой системы можно добиться необходимого изменения энергетической структуры электромагнитных возбуждений и, следовательно, оптических свойств данной системы, обусловленных перестройкой электромагнитного спектра.

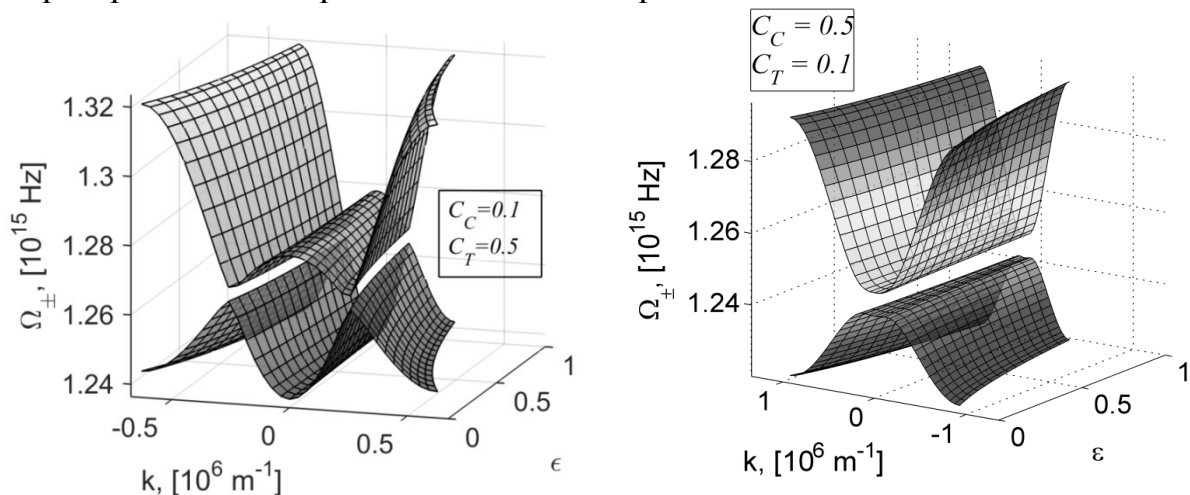


Рис. 1. Поверхности, описывающие дисперсионную зависимость частот $\Omega_{\pm}(k, \varepsilon, C_C, C_T)$ исследуемых коллективных возбуждений в неидеальной решетке микрорезонаторов

Список литературы

1. Rumyantsev V.V. Effects of elastic strain and structural defects on slow light modes in a one-dimensional array of microcavities / V.V.Rumyantsev, S.A.Fedorov, K.V.Gumennyk, Gurov D.A., A.V.Kavokin // Superlattices and Microstructures. – 2018. – V. 120, – P.642-649.
2. Румянцев В.В. Элементы поляритоники неидеальных структур / В.В.Румянцев, С.А.Федоров, А.Г.Петренко // Вестник ДонНУ. Сер. А: Естественные науки. – 2017. – № 4, – С. 69-78.
3. Агранович В.М. Теория экситонов / В.М.Агранович. – М.: Наука, 1968. – 382 с.

НАНОСТРУКТУРНЫЕ ПЛЁНКИ НИТРИДА УГЛЕРОДА, ЛЕГИРОВАННЫЕ ОКСИДОМ ЕВРОПИЯ

Петренко А.Г.¹, д-р физ.-мат. наук, профессор,
Шемченко Е.И.²

¹ ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

²ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк, ДНР
shemal@mail.ru

Магнетрон постоянного тока позволяет получать материалы заранее заданного состава и структуры, что возможно благодаря свойству магнетрона распылять композитные мишени, формируя кластеры необходимого химического состава нанометрового размера. Такие материалы могут сочетать как преимущества свойств, определяемых наноструктурой, так и собственных свойств соединений [1-3].

Учитывая размеры получаемых кластеров, магнетрон постоянного тока позволяет получать квантовые точки с различными параметрами. Квантовые точки, особенно углеродные, как биосовместимые, находят всё более широкое применение – начиная от переносчиков необходимых лекарственных препаратов непосредственно к необходимому месту, и заканчивая дифференциальными сорбентами для белковых маркеров.

Пленки нитрида углерода CN_x , легированного Eu_2O_3 , получали методом магнетронного распыления планарной комбинированной мишени магнетроном постоянного тока в атмосфере чистого азота на вакуумной установке ВУП-5М на подложках из полированных пластин гадолиний-галлиевого граната и покровных стёкол для оптической микроскопии с прогревом в пределах 200^0 - 250^0 С для различных образцов. Время роста пленок также варьировалось от 0,5 до 1,0 часа [4,5].

ПЭМ-изображения плёнок $CN_x:Eu_yO_z$ были получены методами просвечивающей электронной микроскопии с помощью микроскопа JEM200A фирмы «JEOL».

Качественный спектральный анализ проводился на спектрофлуориметре, собранном на базе серийного люминесцентного микроскопа. Применялась оригинальная фотометрическая насадка, снабженная цифровой камерой и голографической решеткой.

Возбуждение люминесценции осуществлялось через фильтры лампой накаливания с кварцевой колбой в фиолетовые полосы поглощения ионов Eu^{+3} .

Характерные ПЭМ-изображения плёнок $CN_x:Eu_yO_z$, полученных методами просвечивающей электронной микроскопии, приведены на рис. 1.

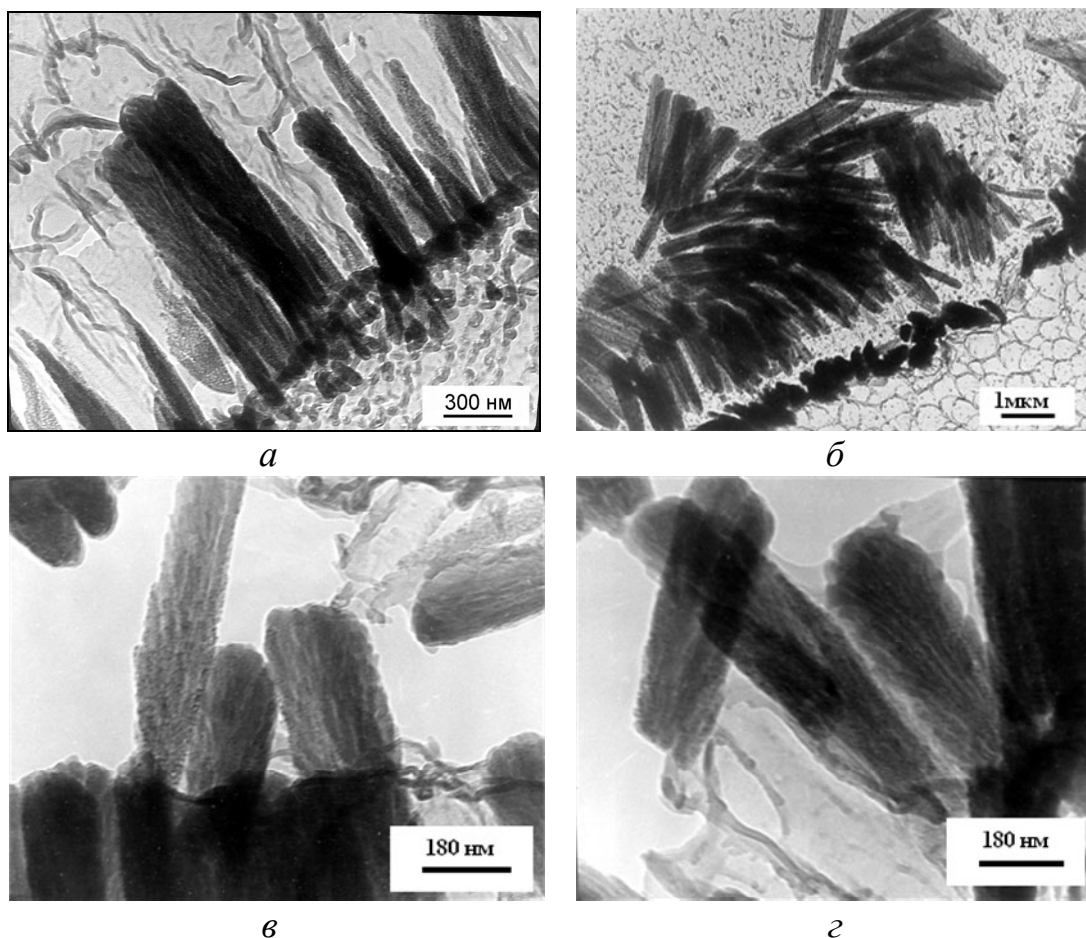


Рис.1. Характерные ПЭМ-изображения плёнок $\text{CN}_x:\text{Eu}_y\text{O}_z$, Рис.1а - торец плёнки $\text{CN}_x:\text{Eu}_y\text{O}_z$, в верхнем левом углу соответственно поверхность плёнки, а в нижнем правом углу поверхность подложки. Рис.1б,в и г, - отдельные пучки наноколонн, удалённых из массива плёнки при различных масштабах

Плёнки состоят из расширяющихся к поверхности роста пучков наноколонн, диаметром около 20 нм, и длиной до 1200 нм, то есть на всю толщину образца.

На рис. 1, а приведено ПЭМ-изображение торца плёнки нитрида углерода. В верхнем левом углу соответственно поверхность плёнки, а в нижнем правом углу поверхность подложки. Хорошо видно, что плёнка состоит из плотно прилегающих к друг другу пучков наноколонн.

На рис. 1, б, в и г приведены ПЭМ-изображения отдельных пучков наноколонн, удалённых из массива плёнки при различных масштабах.

Меняя химический состав газовой атмосферы и мишени, ток и напряжение разряда магнетрона постоянного тока, можно формировать кластеры необходимого химического состава. Дополнительно изменяя геометрические параметры всей системы с учётом параметров вторичной плазмы, можно добиться различных условий на поверхности подложки, что позволяет выращивать заранее заданные структуры.

На рис.3 представлены спектры люминесценции иона Eu^{+3} в чистом оксиде европия и иона Eu^{+3} в плёнке $\text{CN}_x:\text{Eu}_y\text{O}_z$.

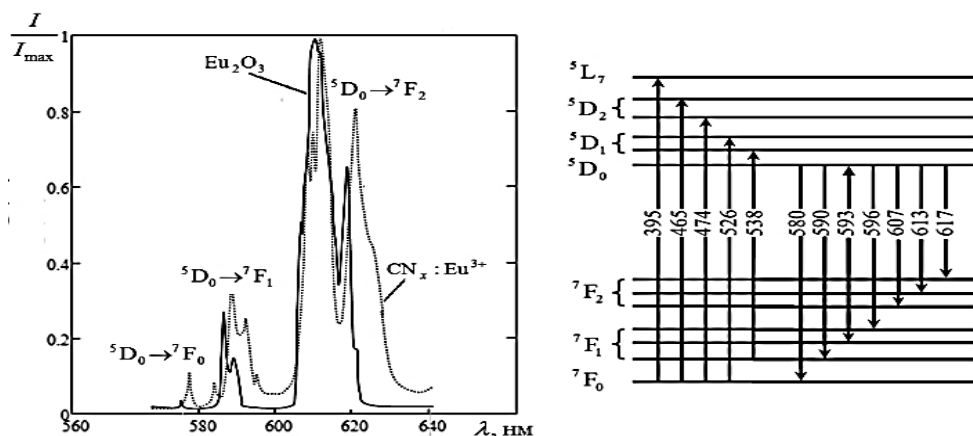


Рис. 3. Экспериментальные спектры люминесценции ионов Eu^{3+} в соединениях Eu_2O_3 и $\text{CN}_x:\text{Eu}_y\text{O}_z$ при 300°K

Приведённые на рис.3 спектры соответствуют классическому спектру трёхвалентного иона европия Eu^{+3} [14,15]. Поэтому необходимо отметить, что, несмотря на разложение оксида европия в плазме тлеющего разряда магнетрона постоянного тока, химические взаимодействия с продуктами распыляемой мишени и буферной атмосферой, ион европия валентности не поменял.

Список литературы

1. Бучаченко А.Л. Нанохимия – прямой путь к высоким технологиям нового века / А.Л.Бучаченко // Успехи химии. – 2003. – №5. – С. 419.
2. Бронштейн Л.М. Наноструктурированные полимерные системы как нанореакторы для формирования наночастиц / Л.М.Бронштейн, С.Н.Сидоров, П.М.Валецкий // Успехи химии. – 2004. – №5. – С 542.
3. Shemchenko E.I. Formation of Nanocolumnar Structures under Magnetron Growth of Europium-oxide-doped Carbon nitride Films / E.I.Shemchenko, K.V.Gumennyk, V.V.Rumyantsev // Journal of Nanoscience with Advanced Technology. – 2015. – №1. – С.1.
4. Свиридов В.В. Эллипсометрическое изображение как критерий выбора модели слоя $\text{CN}_x:\text{Eu}_y\text{O}_z$ на SiO_2 / В.В.Свиридов, Е.И.Шемченко, И.А.Вербенко, А.А.Павелко // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля: Международная научно-практическая конференция «открытые физические чтения – 2017». – Луганск, 2017. – С.123.
5. Шемченко Е.И. Люминесценция и модель роста наноколонарных плёнок $\text{CN}_x:\text{Eu}_y\text{O}_z$, полученных на магнетроне постоянного тока / Е.И.Шемченко, В.И.Кириченко, А.Н.Гангало // ФТВД. – 2017. – №2. – С. 26.

НЕЭМПИРИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ТЯЖЕЛЫХ КРИСТАЛЛОВ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ

Пилипенко Е.А.¹, канд. физ.-мат. наук, науч. сотр,

Троицкая Е.П.¹, д-р физ.-мат. наук, ст. науч. сотр,

Горбенко Е.Е.^{2,3}, канд. физ.-мат. наук, доцент

¹ ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк, ДНР

² Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко, г. Луганск, ЛНР

³ Луганский национальный аграрный университет, г. Луганск, ЛНР

pilipenko.katerina@mail.ru

Кристаллы инертных газов (КИГ) широко используются в качестве передаточных сред в экспериментальных установках, таких как, ячейки алмазных наковален (diamond-anvil cell – DAC) [1]. Это связано с тем, что они остаются оптически прозрачными в широкой области давлений, ограниченной давлением металлизации, которое растет в ряду Хе, Kr, Ar, Ne. Эксперимент показал, что Хе под действием давления переходит в ГПУ структуру при 75 GPa [2], а металлизация происходит при 132 GPa [1]. Теоретические расчеты предсказывают для Kr ГЦК–ГПУ переход при 130 GPa и металлизацию при $p_m = 310$ GPa [3].

Для анализа данных по состоянию кристалла, подвергнутому большому сжатию необходимо разработать общее уравнение состояния (equation of state – EOS), связывающее конечные деформации кристалла с внешними напряжениями.

Теоретические описания изотерм в широкой области давлений основываются на полуэмпирических уравнениях состояния с параметрами, определяемыми при нормальном давлении. Наиболее успешным считается уравнение состояния Винета [4] для которого необходимо знание 4 параметров. Надежность этих уравнений ограничена тем давлением, до которого справедливы использованные при их выводе экспериментальные величины и соотношения. В области давлений, пока не доступных эксперименту, предсказательную ценность будут иметь неэмпирические EOS.

Первопринципные расчеты уравнения состояния КИГ на основе теории функционала плотности (density functional theory – DFT) дают результаты близкие к эксперименту [5]. В настоящее время DFT не способна учитывать два вида дисперсионных сил: поляризацию в дальнодействии (взаимодействие Ван-дер-Ваальса) и эффекты перекрытия в короткодействующем взаимодействии. В тоже время квантово-теоретический метод обеспечивает адекватное описание обоих типов взаимодействия с достаточно высокой точностью. В работе [6], уравнение состояния $P(V,T)$ для КИГ были получены из квантово-теоретического рассмотрения используя двух-, трех-, и четырехчастичные силы, а так же

ангармоническое рассмотрение для решеточных колебаний и температурные эффекты в приближении Эйнштейна. Полученные результаты согласуются с экспериментом в широкой области давления и температуры.

В настоящей работе на основе полученного неэмпирического трехчастичного потенциала отталкивания рассчитывается EOS тяжелых кристаллов инертных газов при высоких давлениях (см. [7] и ссылки там).

При больших сжатиях определяющий вклад вносит статическая решетка при $T = 0$. Для КИГ (кубического кристалла) энергия связи с учетом вторых соседей и трехчастичного короткодействующего отталкивания примет вид

$$E_{coh} = 6E_{sr}(a\sqrt{2}) + 3E_{sr}(2a) + W_3(a) - \frac{1}{2a^6} \left[F_6(0,0)C + \frac{1}{a^2} F_8(0,0)C' + \frac{1}{a^4} F_{10}(0,0)C'' \right] \quad (1)$$

где $E_{sr} = E^{(0)} + W_2$; $W_3(a)$ – трехчастичный короткодействующий потенциал; $F_n(0,0)$ представляют решеточные суммы от $1/r^n$ ($n=6,8,10$); C, C', C'' – константы Ван-дер-Ваальса.

Тогда EOS определяется выражением:

$$p = -\frac{\partial E}{\partial \Omega} = -\frac{e^2}{2a^4} [H_0 + \delta H + 2F - 2R_t + 0.30112B + 0.13335B' + 0.06412B''] \quad (2)$$

где H_0 и F являются первой производной короткодействующего парного потенциала отталкивания для равновесных расстояний первых и вторых соседей, соответственно; δH – трехчастичная поправка, приводящая к нецентральности парного взаимодействия;

$$R_t = -\frac{a}{6e^2} \frac{dW_3(a)}{da}; \quad W_3(a) = -24S^2(a\sqrt{2})f\left(\frac{\sqrt{6}}{2}a\right); \quad B = \frac{6C}{a^5e^2}; \quad B' = \frac{8C'}{a^7e^2}; \quad B'' = \frac{10C''}{a^9e^2}.$$

На рис. приведены уравнения состояния кристаллического Хе рассчитанные по формуле (2), экспериментальные значения (см.[7] и ссылки там) и результаты расчетов других авторов [4, 5].

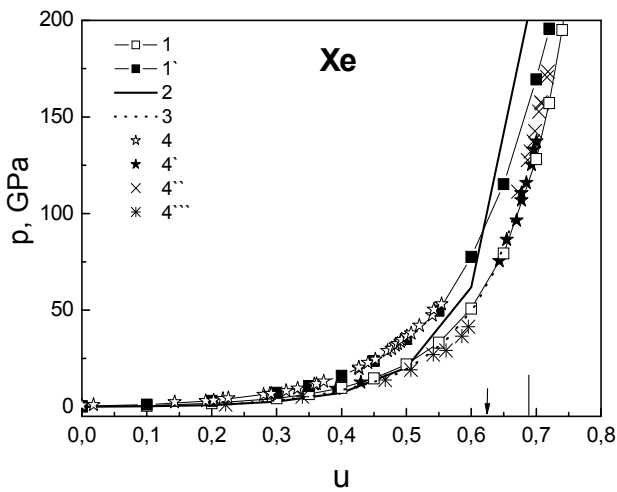


Рис. Уравнения состояния для кристаллического Хе. 1 – расчет EOS в модели M2 на основе парного потенциала; 1' – расчет EOS настоящей работы с учетом трехчастичного взаимодействия в модели M2; 2 – эмпирический расчет EOS Винета [4]; 3 – ab initio расчет EOS с помощью DFT [5]; эксперимент 4, 4', 4'', 4''' (см. [7] и ссылки там). Стрелкой обозначена экспериментальная величина сжатия структурного ГЦК-ГПУ перехода соответствующая давлению $p=75$ GPa [2]. Вертикальной линией обозначена средняя экспериментальная величина сжатия металлизации [1] (p_m от 121 до 138 GPa).

Как видно на рис. для Хе экспериментальные значения (см. [7] и ссылки там) несколько различаются между собой. Наши расчеты на основе парного и трехчастичного неэмпирических короткодействующих потенциалов ложатся в пределах этих экспериментов.

В работе [7], на примере Кг мы показали, что учет трехчастичного взаимодействия завышает результаты расчетов EOS и ухудшает согласие с экспериментом по сравнению с расчетом на основе парного потенциала $W_2(S^2)$ (модель M2). Вероятно в этом случае при более точном учете характера взаимодействия, желательно парный потенциал так же как в Ne считать более точно с использованием кластерного разложения для ортогонализирующей матрицы (модель M4). Однако, нет смысла усложнять расчеты и общий вывод можно сделать в пользу расчетов EOS для тяжелых КИГ на основе эффективных парных потенциалов.

Как показано в работе [7] для всех кристаллов ряда Ne-Xe полуэмпирические расчеты EOS Винета, использующие экспериментальные параметры, достаточно хорошо согласуются с экспериментальными данными особенно для тяжелых КИГ. Первопринципные расчеты (на основе DFT и квантово-теоретического метода) [5] также близки к эксперименту для КИГ в широком интервале давления.

Как и ранее, на основе расчетов объемно-зависящих модулей упругости и фононных частот, по результатам этой работы можно сделать вывод, что трехчастичное взаимодействие за счет перекрытия электронных оболочек атома остается малым на фоне парного даже при высоких давлениях.

Список литературы

1. K.A. Goettel, J.H. Eggert, I.F. Silvera, W.C. Moss, Phys. Rev. Lett. **62**, 665 (1989).
2. A. P. Jephcoat, H.-k. Mao, L. W. Finger, D. E. Cox, R. J. Hemley, and C.-s. Zha. Phys. Rev. Lett **59**, 23, 2670 (1987).
3. I. Kwon, L.A. Collins, J.D. Kress, and N. Troullier. Phys. Rev. B **52**, 21, 15165 (1995).
4. P. Vinet, J.H. Rose, J. Ferrante, L.R. Smidth. J. Phys.: Condens. Matter **1**, 1941 (1989).
5. T. Tsuchiya and K. Kawamura, J. Chem. Phys. **117**, 12, 5859 (2002).
6. P. Schwerdtfeger, K.G. Steenbergen, and E. Pahl Phys. Rev. B **95**, 214116 (2017).
7. Е.А.Пилипенко, Е.П. Троицкая, Е.Е. Горбенко. ФТТ **60**, 151 (2018).

ГИГАНТСКИЕ МАГНИТООПТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В МНОГОПОДРЕШЕТОЧНЫХ АНТИФЕРРОДИЭЛЕКТРИКАХ

Пойманов В.Д.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

**Vladislav.Poymanow@yandex.ru*

Одной из проблем магнитооптики гиротропных сред является получение оптических фильтров с гигантским вращением плоскости поляризации. Как указано в [1], для существенной величины фарадеевского вращения требуется сверхрешетка из чередующихся гиротропных и немагнитных слоев, в каждом из которых угол поворота «набирает» величину, причем он тем больше, чем больше «разупорядочение» слоев в такой структуре. Аналогичный эффект был исследован в [2], где рассматривалась сверхрешетка с двумя дефектами в случае наклонного падения. Большой фарадеевский угол достигался там за счет многократных отражений от полученных «дефектов».

Однако получение большого фарадеевского угла сопряжено с важной проблемой. При произвольных параметрах ячеек уже для небольшого их числа прошедшая волна обладает малой интенсивностью, что плохо с практической точки зрения. Проблема получения коэффициента отражения, максимально приближенного к единице актуальна даже для негиротропных сред и впервые была рассмотрена в работе [3] для сверхрешетки, представляющей собой чередующиеся периодически возмущенные слои с ячейками фазового сдвига в рамках теории связанных мод. Существенно, что периоды ячеек должны при этом быть согласованы с длиной волны. Известно, что полуволновая пластинка для данной длины волны является прозрачной. Однако это несправедливо для гиротропного слоя, в котором существует две циркулярно поляризованные волны с разными пространственными периодами. Поэтому следует выбрать определенным образом усредненную длину волны, так, что ни для одной из волн пластинка не будет полуволновой (либо четвертьволновой). Этот способ иллюстрирует статья [4], где рассмотрена симметричная сверхрешетка из чередующихся гиротропных и немагнитных слоев. Причем при достаточно слабой гиротропии можно достичь как больших фарадеевских углов, так и малых потерь. Недостатком модели является большое количество слоев сверхрешетки и отсутствие учета дисперсии диэлектрической проницаемости.

Указанный недостаток можно компенсировать, если использовать в качестве гиротропного слоя кристалл с резонансными дисперсионными свойствами и, при необходимости, немагнитные обкладки для

оптимизации по коэффициенту прохождения. Здесь как нельзя лучше подходит гематит с присущим ему как многоподрешеточному магнетику эффектом антиферроэлектрического резонанса вблизи оптического диапазона. Гиротропия такого кристалла оказывается наведенной внешним магнитным полем, что делает управляемым как фарадеевский угол, так и коэффициент прохождения.

Список литературы

1. M. Inoue, K. Arai, J. Appl. Phys., Vol. 83, N.11(1998), p. 6768-6770.
2. I.L.Lyubchanskii et al. J. Appl. Phys., Vol. 100, N.9(2006), 096110.
3. Li Wei, J.W.Y. Lit, J. Lightwave Techn., Vol. 15 No.8(1997), p. 1405-1410.
4. S. Sakagushi, N. Sugimoto, J. Lightwave Techn., Vol. 17 No.6(1999), p. 1087-1092.

УДК 539.3

ЗАКОН ОБЪЕМНОЙ УПРУГОСТИ В ДИФОРМАЦИОННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ НА СВОЙСТВА И ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ТВЕРДОМ ТЕЛЕ

Поляков П.И., Федюк Д.О.

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г.Донецк, ДНР,
Институт физики горных процессов
poljakow@mail.fti.ac.donetsk.ua

Использование высокочувствительных методов исследования сверхпроводимости, привело к разделению теоретических обоснований на множество направлений, в которых не учитывались обобщающиеся закономерности физических процессов изменений состояний структур под влиянием в широком диапазоне температур, магнитных полей и гидростатических давлений.

Анализируя выделенное направление исследований в широком спектре магнитных полей H и фиксированных температур наряду с квантово-механическими представлениями, было высказано определение, что линейная часть представляемых зависимостей есть результатом нарушения структуры магнитных полей за счет магнитоупругих напряжений, т.е. даже диамагнитные структуры проявляли стрипсионные свойства. Следует отметить линейный закон в высоких полях при фиксированных температурах. Приоритет магнитоупругости, квадратичного закона изменения, конкуренции термо- и магнитоупругости.

Исследование под высоким давлением – это определенный метод воздействия на состояние атомов в структуре через энергию объемной упругости, фиксирующих физический процесс экспериментальными методами. В [1], на основе результатов из [2], [3] где проводились

исследования поликристалла и пленки манганита $\text{La}_{0.9}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_3$. В диапазоне давления $P = 0 - 18$ кбар, видно уменьшение удельного сопротивления поликристалла $\rho = 135 - 45 \text{ mO}\cdot\text{cm}$ и смещение пика по температуре $T_c = 275-290,5 \text{ K}$. Для пленки характерной особенностью оказалась сглаженность сверхпроводящих пиков и большое значение удельного сопротивления $\rho = 250 - 125 \text{ mO}\cdot\text{cm}$. Результаты, получаемые с учетом этого важного параметра, дают основания полагать, что одной из основных предпосылок, значительно влияющих не только на сверхпроводимость, но и кардинальное изменение свойств материала, является анизотропия структуры и ее изменение в зависимости от направления линий сжатия. Механизм распределения термоупругих напряжений имеет место в физических процессах обменного перехода электронов внутренних незаполненных оболочек атомов в узлах структуры при участии полусвободных валентных электронов.

Возникает вопрос – можно ли анализировать физический процесс влияния параметров, взяв за основу, состояние структуры от температур, магнитных полей и давлений?

От температур, минимального объема, максимальной плотности, энергии связи напряжение состояния ослабляется термоупругим расширением. Процесс теплоотвода – это ослабление связи валентных полусвободных электронов при котором уменьшается проводимость, а увеличивается объем и сопротивление.

От давлений при фиксированной температуре происходит уменьшение объема, увеличение напряжений энергии связи, повышение плотности. Скачки объема – это фазовые переходы, структурные изменения.

От магнитного поля происходит состояние магнитнескомпенсированности из-за температуры магнитоупругих напряжений в структуре, что фиксируется магнитострикцией. Через деформацию структуры изменяется спиновая нескомпенсированность. Вносимые напряжения – это дополнительный источник изменений объема плотности, формы структуры, «охлаждающий эффект».

Необходимо учесть, что если целью является выявление структурных изменений, вызванных гидростатическим сжатием, магнитным полем или температурой, и отслеживание их влияния на сверхпроводящую фазу, то для получения достоверных результатов измерений, необходимо соблюдение исходной концентрации всех компонентов образца. Для примера, в [4] приводятся результаты из [5], где рассматривают манганит $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ с различным содержанием Sr и как следствие, там же на графике наблюдается существование двух явлений, в зависимости от концентрации. Высокотемпературное магнитосопротивление отвечает резкому спаду сопротивления, сопровождающему возникновение ферромагнитного момента при некоторой температуре. Такое поведение, как объясняют авторы статьи,

возникает только для концентрации Sr выше порогового значения, при этом образцы в [6] с $x = 0,2$, показали хорошее металлическое поведение вплоть до 200 К.

Анализ экспериментальных данных, показывает, что воздействие 3-х параметров приводит к линейным изменениям резистивных, резонансных, магнитных свойств и динамики изменения зависимостей фазовых переходов. Такие явления, приводят к изменениям не только в сверхпроводниках, а в любой структуре в целом. Еще в середине 30-х годов, П.Л.Капица успешно провел опыты исследования электрического сопротивления ряда металлов от напряженности магнитного поля, открыл явление сверхтекучести гелия при температуре ниже 2,17 К. В следствии чего, он предположил, что изменение свойств системы, происходит за счет структурных искажений под действием каждого из параметров. Однако технически тогда было невозможно включить все параметры в исследуемый процесс.

Следует учитывать, что влияние параметров приводит к изменению объема и, как следствие, причинная роль объемной упругости является определяющей в перекрестных эффектах (термо-, магнито-, бароупругости) [7]. Деформационное обратимое изменение состояние твердого тела под воздействием внешних параметров вытекает из основных положений термодинамики и является предпосылкой гипотезы причинной роли объемной упругости в формировании изменений как свойств, так и фазовых состояний.

Список литературы

1. P.I.Polyakov, S.S.Kucherenko (2002).
2. V.P.pashenko, S.I.Kharsev, O.P.Cherenkov, Inorgan. Matter.35 (1999) 1294.
3. P.I.Polyakov, V.G.Synkov, prib. Tekh. Eksp. 1 (1977) 223.
4. Л.П.Горьков. письма в ЖЭТФ (1998).
5. Urushibara A et al. *Phys. Rev. B* **51** 14103 (1995).
6. Lofland S E et al. *Phys. Rev. B* **56** 13705 (1997).
7. P.I.Polyakov. Laws of volume elasticity in formation of phase transitions. Conductivity and magnetism. Lambert Academic Publishing, 01 2018, p.204.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХОЛОДНОГО ИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ НАНОСТРУКТУРЫ SiC–Al₂O₃

Прилипко С.Ю., канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,
Кудрявцев Ю.А., Головань Г.Н., Беличко Д.Р., Брюханова И.И.,
Волкова Г.К., Глазунова В.А., Лоладзе Л.В., Герасименко В.М.
ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк, ДНР
suprilipko@mail.ru

Керамические композиты на основе SiC и Al₂O₃ известны своими высокими эксплуатационными характеристиками, такими как высокая твердость, огнеупорность и химическая стойкость. При этом наличие Al₂O₃ позволяет интенсифицировать процесс получения плотного материала и снизить его стоимость, а снижение температуры спекания дало бы возможность не только значительно повысить эффективность его производства, но и позволило бы использовать менее дорогое нагревательное оборудование.

Данная работа посвящена исследованию спекания керамики из смеси нанопорошков карбида кремния и оксида алюминия, представленного двумя модификациями (α -Al₂O₃ и γ -Al₂O₃). Фотографии порошков представлены на рисунке 1.

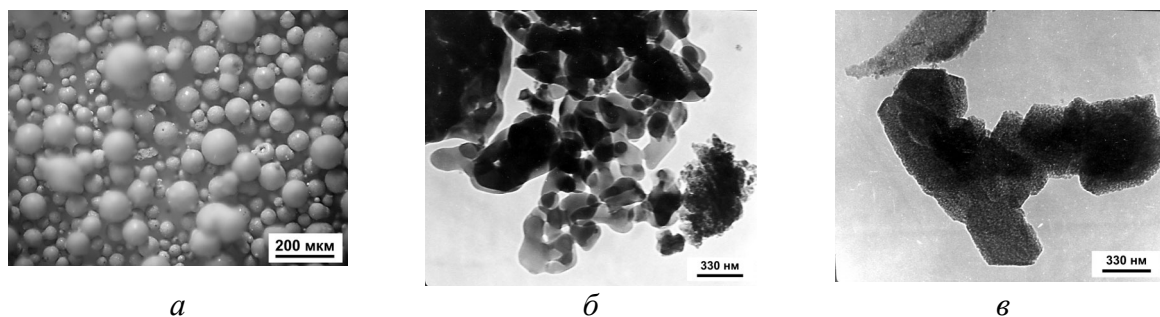


Рис. 1. Фотографии структуры порошков а – нанодисперсного гранулированного SiC (средний размер гранул 100 мкм, размер кристаллитов 300 нм); б – α -Al₂O₃ (средний размер кристаллитов 40 нм); в – γ -Al₂O₃ (средний размер кристаллитов 5 нм)

С целью снижения температуры спекания керамики 5%SiC+95% α -Al₂O₃ в него вводилась добавка легкоплавкой смеси (2%MnO₂+0,2%MgO). Кроме того, изучалось влияние добавки нанопорошка Al₂O₃ на плотность получаемой керамики. Все составы мололись в течение различных периодов времени в планетарной мельнице. На примере состава содержащего 10% нанопорошка Al₂O₃ со временем помола 4 ч изучалось влияние допрессовки холодным изостатическим прессованием давлением 0,2 ГПа. Результаты исследований сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Влияние режимов помола и добавки нанопорошка Al_2O_3 на жидкофазное спекание керамики $5\%\text{SiC}+95\%\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$

	к-во нанопорошка Al_2O_3 , %	время помола, ч	ХИП, ГПа	ρ , г/см ³ (спекание при 1500°C, 4ч)
1	10	4	–	2,33
2	10	4	0,2	3,28
3	0	4	–	1,98
4	10	8	–	2,51
5	10	16	–	3,32
6	10	24	–	2,36
7	0	8	–	2,08
8	0	24	–	2,03

Из таблицы видно, что добавка нанопорошка Al_2O_3 приводит к существенному увеличению плотности полученной керамики, оптимальным временем помола является 16 ч, а использование ХИП позволяет получить ту же плотность керамики, уже для 4-часового помола.

Далее для исследования зависимости спекания от количественного соотношения компонентов были приготовлены смеси порошков состава $40\%\text{SiC}+60\%\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ и $5\%\text{SiC}+95\%\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Также исследовалось влияние давления холодного изостатического прессования на плотность компактов и спеченных образцов. Для состава $5\%\text{SiC}+95\%\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ изучалось влияние давления холодного изостатического прессования в диапазоне от 0,2 до 0,8 ГПа. Спекание керамики осуществлялось в индукционной печи при температуре 1550 °С в течение 2 ч в атмосфере аргона. Результаты исследований сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Плотности компактов и спеченных образцов $\text{SiC}-\text{Al}_2\text{O}_3$ в зависимости от количества компонентов, их исходной кристаллической структуры и давления холодного изостатического прессования

Состав	$P_{\text{пресс.}}$, МПа	$\rho_{\text{компакта}}$, г/см ³	$\rho_{\text{керамики}}$, г/см ³
$40\%\text{SiC}+60\%\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	200	1,89	2,02
$5\%\text{SiC}+95\%\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	200	1,70	3,22
$5\%\text{SiC}+95\%\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	500	1,70	3,18
$5\%\text{SiC}+95\%\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$	800	1,76	3,28
$5\%\text{SiC}+95\%\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	200	1,96	3,65

Из приведенных результатов следует, что плотности компактов выше при использовании $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, однако это объясняется тем, что

теоретическая плотность этой модификации на 10% выше, чем $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (3,99 и 3,68 г/см³ соответственно). Следует отметить, что приведенные кристаллические модификации Al_2O_3 актуальны только для стартового состава порошков, так как при температуре свыше 1000°C оксид алюминия переходит в α -форму.

Тем не менее, после спекания плотность среди образцов с равным количеством SiC существенно выше для состава, в котором использовался нанопорошок $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$. Увеличение количества SiC до 40% привело к тому, что усадка этого образца при данной температуре спекания оказалась крайне низкой.

Из анализа полученных результатов можно сделать вывод о перспективности использования нанопорошка $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ с небольшим количеством карбида кремния, поскольку такое сочетание позволяет получать плотную керамику при достаточно низких для такой системы температурах спекания и давлений холодного изостатического прессования.

УДК 621.77.04, 539.26, 539.5

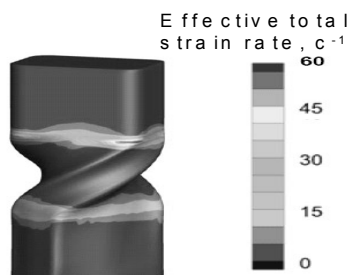
ФОРМИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ВИНТОВОЙ ЭКСТРУЗИИ

Прокофьева О.В., канд. техн. наук,

Варюхин В.Н., д-р физ.-мат. наук, профессор, чл.-корр.

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР

prokofok@mail.ru



Процесс винтовой экструзии (ВЭ) [1], предложенный в 1999 г. в Донецком физико-техническом институте им. А.А. Галкина, к настоящему времени завоевал прочные позиции среди основных методов интенсивной пластической деформации. Главная особенность процесса – простой сдвиг под давлением в тонких слоях объёмной заготовки (рис. 1), благодаря которому ВЭ

приобретает ряд возможностей по формированию перспективных металлических материалов: получение субмикрокристаллических (СМК) структур, прочностные характеристики которых в 1,5-3 раза превышают эти показатели для крупнокристаллических (КК) аналогов; повышение пластичности и прочности вторичных алюминиевых сплавов, что открывает возможность по их рециклированию; консолидация порошковых и пористых материалов до беспористого состояния, что

обеспечивает им повышенные эксплуатационные характеристики; формирование гибридных и архитектурных металлических материалов, комбинирующих в своём составе СМК и КК области. Последнее направление, будучи сравнительно новым, заслуживают особого внимания, поскольку позволяет получать высокопрочные и устойчивые при растяжении материалы [2, 3].

Однородные СМК металлы при всех своих достоинствах характеризуются слабой устойчивостью к перегрузкам при растяжении, что снижает их конкурентоспособность. Объединение СМК и КК составляющих структуры в одну конструкцию позволит получать материалы, в которых СМК фаза обеспечивает высокий предел текучести, а КК фаза – большие значения его равномерного удлинения.

Авторами экспериментально и теоретически показана возможность создания с помощью процесса ВЭ заготовок с СМК оболочкой и КК сердечником. В работе [4] установлены необходимые для этого условия деформационной обработки ВЭ, наиболее существенные из которых – геометрические параметры винтовых матриц.

Математическое моделирование процесса базируется на совместном применении метода конечных элементов и континуальной феноменологической RVA-модели, описывающей взаимосвязанные процессы фрагментации и разрушения материалов при больших пластических деформациях [5]. Результаты моделирования иллюстрирует рис. 2. Видно, что в центральной зоне заготовки вплоть до середины радиуса сохраняется исходный средний размер зерна в 100 мкм, а формирование СМК-структуры прогнозируется во внешних слоях

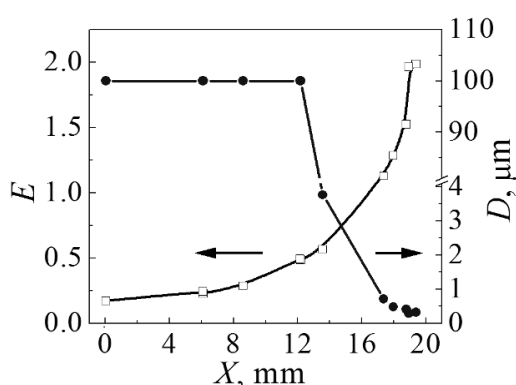


Рис. 2 Изменение накопленной деформации E и размера зерна D вдоль радиуса заготовки после 1 прохода ВЭ (расчёт)

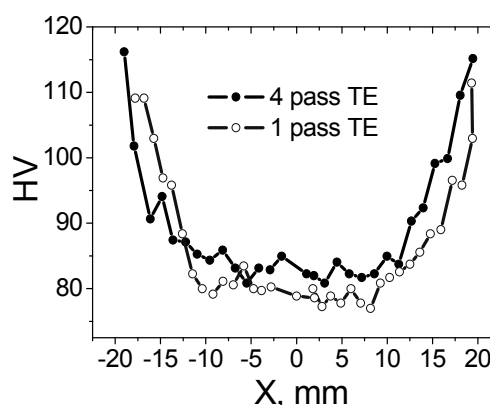


Рис. 3. Изменение твёрдости по Виккерсу вдоль диаметра деформированной ВЭ заготовки

заготовки толщиной в несколько миллиметров. Согласно численной оценке КК-зона составляет не менее 60% площади сечения заготовки, а на СМК-оболочку приходится лишь ~ 10%, тогда как остальная область сечения представляет собой градиентный переходный слой. Также

показано, что положение границы СМК–КК можно изменять для одной и той же формы сечения заготовки, варьируя угол ската винтового канала матрицы. С его увеличением СМК–КК-граница сдвигается к оси заготовки, и, соответственно, доля КК-сердечника в объеме уменьшается вплоть до полного исчезновения при угле ската $\sim 55\text{--}60^\circ$.

Экспериментальную проверку модельных расчетов проводили на заготовках из медного сплава М1 с сечением в форме правильного шестигранника, прошедших деформационную обработку разным числом проходов ВЭ. Форма сечения заготовок была выбрана из принципа наибольшей симметрии среди широко используемых в промышленности профилей. На полученных заготовках проведен ряд исследований, включающих в себя оптическую и электронную микроскопию (EBSD-анализ), рентгеноструктурный анализ и нейтронографию, которые подтвердили наличие сформированной в материале внутренней архитектуры типа СМК оболочка – КК сердечник и показали качественное соответствие прогнозу [6].

Распределение прочностных свойств по сечению деформированных заготовок оценивали измерением твердости по Виккерсу. Представленные на рис. 3 кривые демонстрируют резкий перепад HV от максимума в приповерхностных слоях к минимуму в центральной зоне сечения, что согласуется с модельными представлениями и результатами структурных исследований. Аналогичные по характеру распределения HV были получены и на заготовках из алюминиевого сплава.

Список литературы

1. Beygelzimer Y., ‘Twist Extrusion’ in Severe Plastic Deformation Technology // Y.Beygelzimer, V. Varyukhin, R. Kulagin, D. Orlov. – Dunbeath, Scotland: Whittles Publ, 2017. – P. 202-234.
2. WO2015/156750 A1 Method for producing metal semi-finished products / Y.Y.Beygelzimer, O.V. Prokof'eva, Y.V. Gusar, D.V. Prylepo, V.M. Varyukhin. – межд. публ. 15.10.2015.
3. Wang Y.M., Three Strategies to Achieve Uniform Tensile Deformation in a Nanostructured Metal / Y.M. Wang, E. Ma // Acta Mater.– V.52.– 2004.– P. 1699-1709.
4. Прокофьева О.В., Получение субмикроструктурных композитов с большим равномерным удлинением методом винтовой экструзии: математическое моделирование процесса / О.В. Прокофьева, Я.Е. Бейгельзимер, Р.Ю. Кулагин, Ю.З.Эстрин, В.Н. Варюхин // Металлы.– №2.– 2017.– С.76-81.
5. Beygelzimer Y., Grain refinement versus voids accumulation during severe plastic deformations of polycrystals: mathematical simulation / Y. Beygelzimer // Mechanics of Materials.– V.37.–2005.–P.753-767.
6. Прокофьева О.В., Формирование в металлах внутренней архитектуры с субмикро- и крупнокристаллическими компонентами методом винтовой экструзии / О.В.Прокофьева, Д.В. Прилепо, Г.Д. Бочуава, А.Х. Исламов, А.Н. Сапронов, А.С.Дорошкевич // ФТВД.– Т.28, №1.– 2018.– С. 13-22.

ЗАВИСИМОСТЬ ШИРИНЫ ЗАПРЕЩЕННОЙ ФОТОННОЙ ЗОНЫ НЕИДЕАЛЬНОЙ 2D РЕШЕТКИ МИКРОПОР ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ДЕФЕКТОВ ЕЕ СТРУКТУРЫ

Рыбалка А.Е., Лукьянов Н.А.,

Румянцев В.В., д-р физ.-мат. наук, профессор

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

nastyia.tabolic@nail.ru

Введение. Важным свойством фотонных структур с запрещенной зоной, рассмотренным в работе [1], является возможность получения так называемого «медленного» света. Особую **актуальность** это явление приобретает в связи с перспективой его применения при разработке устройств квантовой обработки оптической информации. В частности, эффективное уменьшение групповой скорости продемонстрировано в связанных волноводных оптических резонаторах [2,3], различных типах твердотельных многослойных полупроводниковых структур [4]. Ключевую роль в уменьшении групповой скорости в подобных системах играют так называемые темные и светлые поляритоны, представляющие собой линейную суперпозицию фотонных состояний внешнего электромагнитного поля и макроскопических (когерентных) возмущений двухуровневой атомарной среды.

В настоящее время интенсивно развивается фотоника несовершенных структур. В частности, в работе [5] исследована дисперсия электромагнитных возбуждений в неидеальной решетке связанных микропор (микрорезонаторов), содержащих квантовые точки. Проведенные в рамках неидеальной фотоники исследования показали, что введением в исследуемую систему определенных дефектов или в результате управляемого внешнего воздействия можно добиться необходимого изменения энергетического спектра элементарных электромагнитных возбуждений и оптических свойств материала, обусловленных перестройкой исследуемой структуры

Цель данной работы = исходя из представлений о поляритонных структурах [5], исследовать зависимость запрещенной фотонной зоны неидеальной топологически упорядоченной системы пор - туннельно связанных микрорезонаторов от концентрации дефектов структуры исследуемого массива.

Результат. В рамках приближения виртуального кристалла [6] выполнено численное моделирование спектра электромагнитных возбуждений в неидеальной 2D решетке связанных микропор, как содержащих квантовые точки (атомарная подсистема), так и без них

(резонаторная подсистема). Прежде всего, исследованы электромагнитные возбуждения, локализованные в двухподрешеточной системе микрорезонаторов без квантовых точек (см. рис. 1, *а*) – экситоноподобные возбуждения [7]. Используются модельные значения величин [5,7], причем, концентрация резонаторов в первой подрешетке – C_1 , а во второй – C_2 . В качестве дефектов решетки микропор рассмотрены вакансии, их концентрация в первой и/или во второй подрешетках $C_{1(2)}^V$. Особенности концентрационной зависимости запрещенной фотонной зоны неидеальной 2D решетки микропор представлены на рис. 1, *б*.

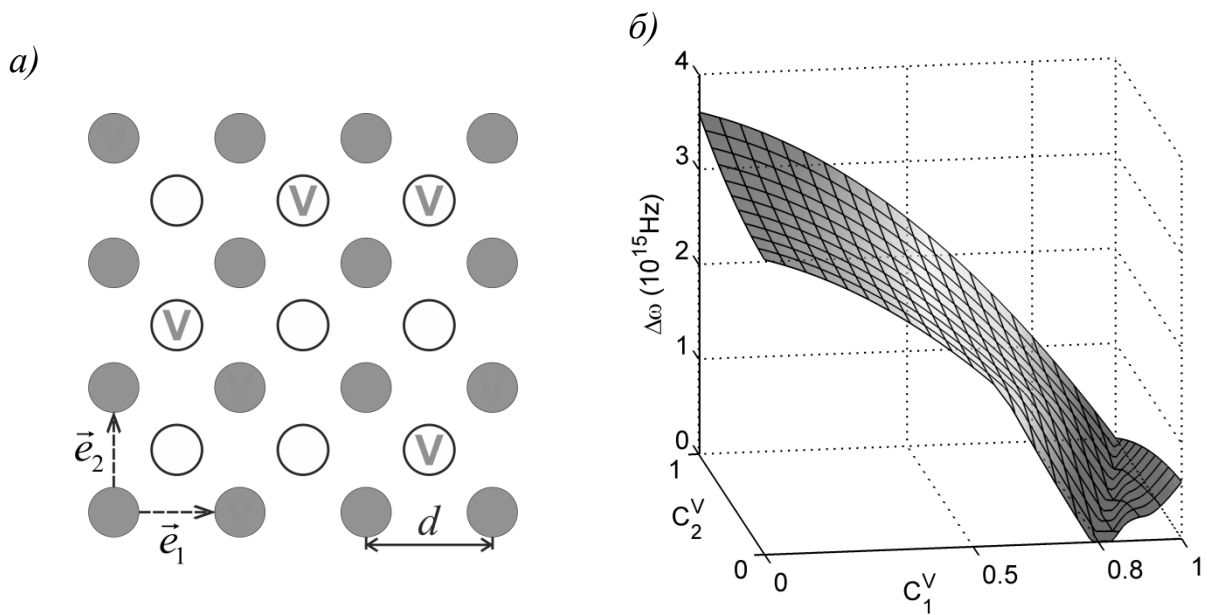


Рис. 1. Схема 2D решетки микропор - *а*), концентрационная зависимость $\Delta\omega(C_1^V, C_2^V)$ запрещенной фотонной зоны неидеальной 2D решетки микропор – *б*)

Далее, исследована неидеальная 2D решетка микропор, содержащих квантовые точки с вакансиями как в резонаторной, так и в атомарной подсистемах, схема ее – на рис. 2, *а*. На рис. 2, *б* представлена концентрационная зависимость $\Delta\Omega(C_1^V, C_2^V)$ запрещенной фотонной зоны такой неидеальной 2D решетки микропор.

Заключение. В работе выполнено математическое моделирование зависимости величины запрещенной фотонной зоны неидеальной 2D решетки микропор от концентрации дефектов структуры. Показано, что в результате наличия структурных дефектов в квазидвумерном массиве можно добиться необходимого изменения энергетической структуры электромагнитных возбуждений и, следовательно, оптических свойств исследуемой системы, обусловленных перестройкой электромагнитного спектра. Этот вывод проиллюстрирован на конкретном примере 2D

решетки микрорезонаторов как содержащих, так и не содержащих квантовые точки.

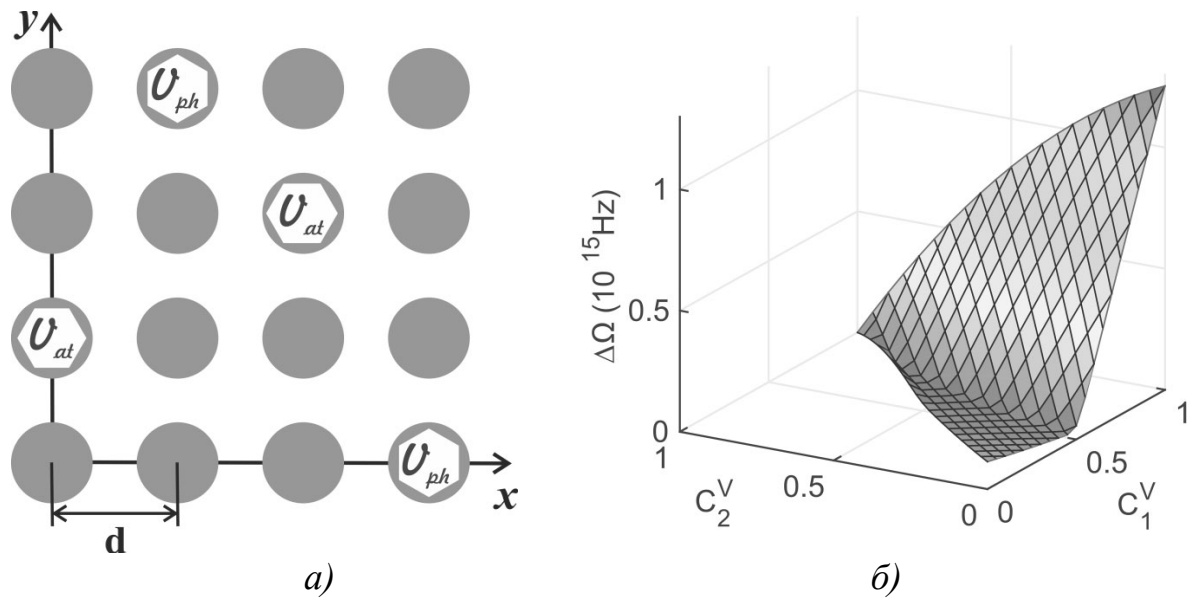


Рис. 2. Схема неидеальной 2D решетки микропор, содержащих квантовые точки – а), концентрационная зависимость $\Delta\Omega(C_1^V, C_2^V)$ запрещенной фотонной зоны такой неидеальной 2D решетки микропор – б)

Список литературы

1. Milonni P.W. Fast Light, Slow Light and Left-Handed Light. – Bristol: Institute of Physics Publishing, 2005.
2. Yang Z.S. Stopping, storing, and releasing light in quantum-well Bragg structures [Текст] / Z.S. Yang, N.H. Kwong, R. Binder and A.L. Smirl // J. Opt. Soc. Am. – 2005. – V. B 22. – P. 2144.
3. Gersen H. Real-Space Observation of Ultraslow Light in Photonic Crystal Waveguides [Текст] / H. Gersen, T.J. Karle, R.J.P. Engelen, W. Bogaerts, J.P. Korterik N.F. van Hulst, T.F. Krauss and L. Kuipers // Phys. Rev. Lett. – 2005. – V. 94. – P. 073903.
4. Turukhin A.V. Observation of Ultraslow and Stored Light Pulses in a Solid [Текст] / A.V. Turukhin, V.S. Sudarshanam, M.S. Shahriar, J.A. Musser, B.S. Ham and P.R. Hemmer // Phys. Rev. Lett. - 2002. - V. 88. – P. 023602.
5. Romyantsev V.V., Fedorov S.A., Gumennyk K.V., Gurov D.A., Kavokin A.V. - Effects of elastic strain and structural defects on slow light modes in a one-dimensional array of microcavities // Superlattices and Microstructures. – 2018. – V. 120. – P. 642-649.
6. Займан Дж. Модели беспорядка / Дж. Займан. – М: Мир, 1982. – 592 с.
7. Romyantsev V.V. Fedorov S.A., Gumennyk K.V, Sychanova M.V., Kavokin A.V. Exciton-like electromagnetic excitations in non-ideal microcavity supercrystals // Nature. Scientific Reports. – 2014. – 4: 6945.

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ ПРОВОЛОКЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИНТЕНСИВНОГО ВОЛОЧЕНИЯ

Самойленко З.А.¹, д-р физ.-мат. наук, вед. научн. сотр.,
Ивахненко Н.Н.^{1,2}, канд. физ.-мат. наук, мл. научн. сотр.,
Пушенко Е.И.¹, Ткаченко В.М.¹, канд. физ.-мат. наук, научн. сотр.,
Варюхин В.Н.¹, д-р физ.-мат. наук, профессор

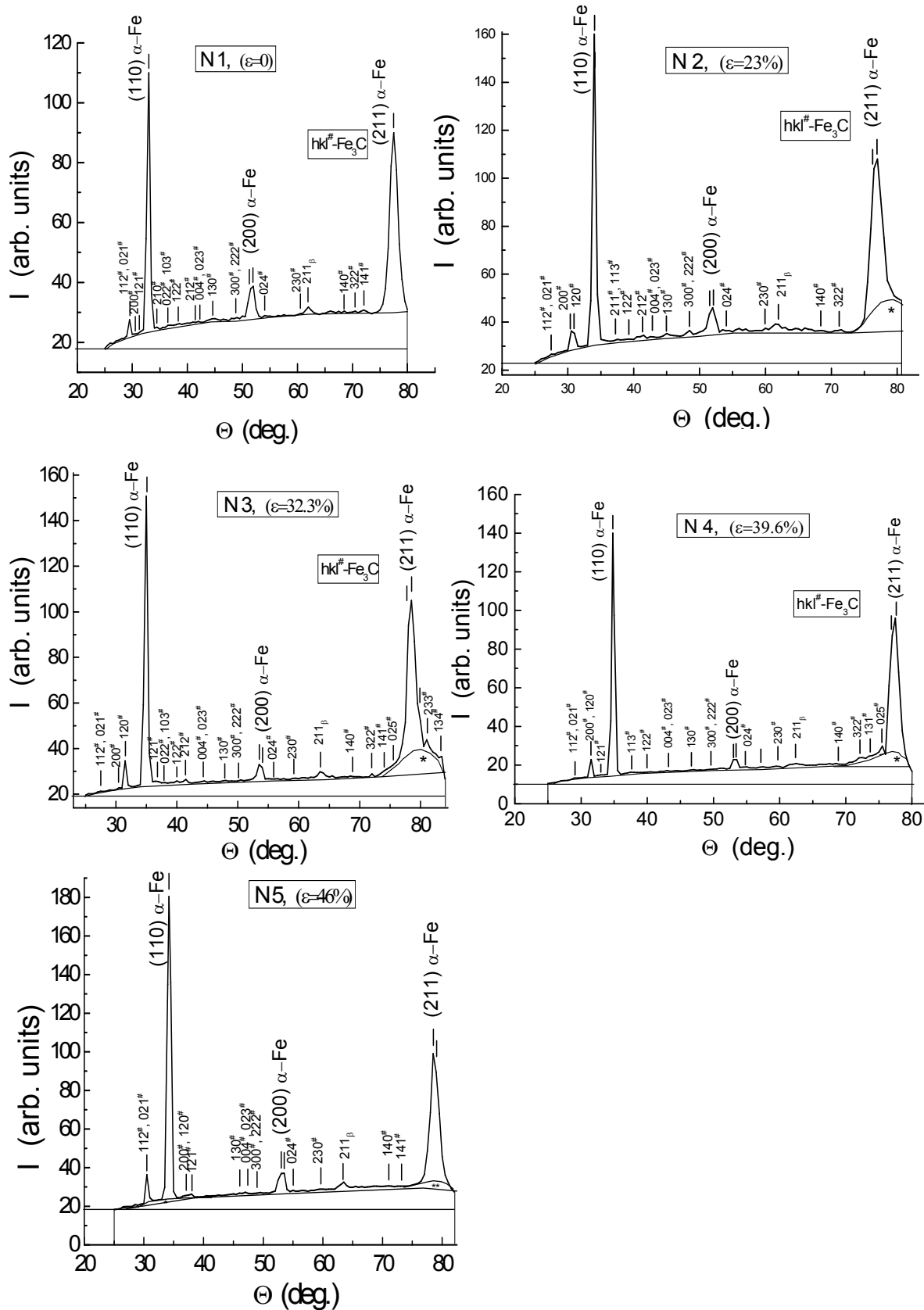
¹ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР

²ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского», г. Донецк, ДНР
info@donnuet.education

Для получения проволочных длинномерных изделий с высоким комплексом механических свойств была предложена технология волочения со сдвигом [1, 2]. С целью изучения механизмов структурообразования при такой обработке актуальным является исследование изменений, происходящих в тонкой структуре стали 08Г2С при интенсивной деформации во время волочения.

Исследовали изменения атомного порядка структуры стали 08Г2С (табл. 1) после комбинированной обработки, заключающейся в волочении по новой технологии со сдвиговыми волоками и классической технологии со стандартными круглыми волоками. Волочение осуществляли на стане АЗТМ 7000/1. Смазка подсыпалась на каждом этапе волочения. Скорость волочения – 1,1 м/с. Из катанки $\varnothing 6.5$ проведено волочение обычным способом для получения круглого диаметра $\varnothing 5.57$; проведен отжиг полученного образца при 650°C и 30 минутной выдержке, охлаждение проводилось на воздухе (образец N1, исходное состояние, $\varepsilon=0$); полученный типоразмер волочили через волоку со сдвигом $\varnothing 4.65$ образец N2; $\varepsilon=23\%$; типоразмер разделили на три части и проволочили через круглую волоку $\varnothing 4.65$, $\varnothing 4.46$, $\varnothing 4.28$. Это дало 3 варианта состояний с разными частичными обжатиями на первом переходе, обычная волока – волока со сдвигом, $\varepsilon=0 \rightarrow 23\%$, и последующих трех переходах, сдвиговая волока – волока обычная: $\varepsilon=23\%+9.3\%$, образец N3; $\varepsilon=23\%+16.6\%$ – N4 и $\varepsilon=23\%+23\%$ – N5. В образцах N3, N4 и N5 первая деформация обусловлена сдвиговой волокой, а вторая деформация – обычной, круглой.

Для анализа атомной структуры были получены дифракционные картины от образцов стали 08Г2С в $\text{CrK}\alpha$ -излучении с V-фильтром фотометодом, чувствительным к регистрации диффузного когерентного и некогерентного рассеяний рентгеновских лучей [3-5].



Выявлен эффект пространственного расслоения однотипных кристаллографических плоскостей (211) на кластерные группы, различающиеся величиной межплоскостного расстояния в пределах $1.156\text{\AA}$

$\langle d_0 = 1.172 \text{ \AA} < 1.178 \text{ \AA}$; с линейным размером группировок $D = 100 - 1100 \text{ \AA}$; количеством плоскостей в группировке: $n = 100 - 1000$; и характером расположения образовавшихся групп относительно ненапряженного релаксированного состояния ($\epsilon = 0$): $d_0 = 1.172 \text{ \AA}$, $D = 450 \text{ \AA}$, $n = 396$. При этом наибольший разброс плоскостей по величине межплоскостных расстояний реализовался в образцах N2 и N3, $d = (1.157 - 1.177) \text{ \AA}$, а по величине размеров группировок – в N4 и N5 ($D_{N4} = 100 - 1100 \text{ \AA}$, $D_{N5} = 100 - 1200 \text{ \AA}$).

Обнаружен ФП порядок $\rightarrow$ беспорядок $\rightarrow$ новый модифицированный порядок с локальным разрушением дальнего атомного порядка в семействе плоскостей (211) и образованием аморфизированной фракции кластерной фазы из фрагментов разрушенных плоскостей этого типа. Аморфной структурной фракции нет в исходном отожженном состоянии, ее концентрация уменьшается до предела чувствительности метода, 3%, в образце с наибольшей деформацией, N5 ($\epsilon = 46\%$).

Замечен характер изменения симметрии распределения структурных групп относительно исходного углового положения дифракционного максимума от плоскостей (211). Для образца N1 имеем максимум в виде симметричной дельтаобразной функции с $d_0 = 1.172 \text{ \AA}$. По мере увеличения деформации образцов, сначала, в N2 и N3, наблюдается асимметричное распределение новых образований относительно исходного: два справа и один слева (N2) или три слева и один справа (N3). Затем же, для образцов N4 и N5, полностью целая структурная группа образца располагается то справа (N4), то слева (N5) относительно положения для состояния исходного образца. Полученный результат указывает, что для сильно деформированного материала энергетически выгодным является предпочтительность разномасштабной фрагментации атомной структуры при компактировании групп плоскостей либо в состоянии растяжения, при деформации образца ($\epsilon = 39.6\%$), либо же в состоянии сжатия, при деформации ($\epsilon = 46\%$).

Список литературы

1. Pashinskaya E.H. High pressure physics and technics / E.H.Pashinskaya, A.V.Zavdoveev, A.A.Maksakova, V.N.Varyukhin, A.A Tolpa, V.M.Tkachenko. –25, 107 (2015).
2. Pashinskaya E. International Journal of Materials Research / E.Pashinskaya, A.Zavdoveev, S.Mironov, V.Varyukhin, A.Maksakova. –107, 239 (2016).
3. Самойленко З.А., Ивахненко Н.Н., Пушенко Е.И., Пашинская Е.Г., Варюхин В.Н., ФТТ. 58, 217 (2016).
4. Кривоглаз М.А. В сб.: Электронная теория гетерогенных состояний в твердых телах / М.А.Кривоглаз. – М.: Наука, 1988. – С. 3-39.
5. Китайгородский Л.И. Рентгеноструктурный анализ мелкокристаллических и аморфных тел / Л.И.Китайгородский. – М.: Наука, 1952. – 588 с.

АНОМАЛИИ СПИН-ВОЛНОВОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА МАГНИТНОЙ И НЕМАГНИТНОЙ СРЕД ИНДУЦИРОВАННЫЕ ВНЕШНИМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

Сухорукова О.С.¹, канд. физ.-мат. наук,

Юрченко В.М.², д-р физ.-мат. наук, профессор

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк, ДНР

tos1980@mail.ru

Создание управляемых электромагнитных метаматериалов – одно из наиболее активно развиваемых направлений современной физики смарт-материалов [1]. Несомненный интерес в этом плане представляет использование композитных магнитоэлектрических сред в качестве возможной элементной базы. В этом случае один из ключевых вопросов – анализ индуцированных внешним электрическим полем особенностей прохождения и локализации электромагнитной волны (ЭМВ), падающей на границу раздела магнитной и немагнитной сред.

В связи с этим в данной работе изучено влияния постоянного внешнего электрического поля, лежащего в плоскости падения, на характер отражения плоской объемной волны ТЕ-типа, падающей из немагнитной среды на поверхность полуограниченного ферромагнетика (ФМ) в геометрии Фогта. Будем считать, что приложенное постоянное электрическое поле ортогонально равносильному направлению намагниченности ФМ-среды ($\vec{m}_0 \parallel OZ$, $\vec{m}_0$ – равновесная намагниченность). В результате, с учетом квадратичного магнитооптического взаимодействия плотность энергии для тетрагонального легкоосного ФМ можно представить в виде:

$$F = F_m + F_{m0} - \frac{\epsilon M_0^2 \vec{e}^2}{8\pi},$$

$$F_m = M_0^2 \left(-\frac{\beta}{2} m_x^2 - \vec{m} \vec{h} \right) \quad (1)$$

$$F_{m0} = -\frac{M_0^2}{8\pi} \left[\rho_1 \epsilon_x^2 \vec{m}^2 + \rho_2 (\epsilon_x^2 + \epsilon_y^2) \vec{m}^2 + \rho_3 \epsilon_x^2 m_x^2 + \rho_4 (\epsilon_x^2 + \epsilon_y^2) m_x^2 + \rho_5 \epsilon_x m_x (\epsilon_x m_x + \epsilon_y m_y) + \rho_7 \epsilon_x \epsilon_y m_x m_y + \rho_8 (\epsilon_x^2 - \epsilon_y^2) (m_x^2 - m_y^2) \right],$$

где β – константа одноосной анизотропии ($\beta > 0$), $\vec{e}$ и $\vec{h}$ – соответственно нормированные электрическое и магнитное поля ($\vec{h} = \frac{\vec{H}_1}{M_0}$, $\vec{e} = \vec{E}_1/M_0$), ρ_{1-8} – комбинации констант квадратичного магнитооптического взаимодействия, ϵ – статическая диэлектрическая проницаемость ФМ-среды.

Динамические свойства исследуемой модели ФМ - среды в рамках феноменологической теории описываются системой дифференциальных уравнений, включающей в себя помимо уравнений Максвелла также и уравнение Ландау–Лифшица для вектора $\vec{m}$. Расчет показывает, что в этом случае, с учетом внешнего электрического поля, рассматриваемая ФМ-среда по своим электродинамическим свойствам становится бианизотропной. В результате материальные соотношения для компонент векторов магнитной $\vec{B}$ и электрической $\vec{D}$ индукций электромагнитной волны с частотой ω могут быть представлены в виде

$$\vec{B} = \vec{\mu}\vec{H} + \vec{\alpha}^* \vec{E}, \quad \vec{D} = \vec{\varepsilon}\vec{E} + \vec{\alpha}^T \vec{H},$$

где тензоры магнитной диэлектрической магнитоэлектрических проницаемостей имеют следующую структуру, характерную для бианизотропной среды:

$$\vec{\mu} = \begin{pmatrix} \mu_{xx} & -i\mu_* & 0 \\ i\mu_* & \mu_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad \vec{\varepsilon} = \begin{pmatrix} \varepsilon_{xx} & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_{yy} & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_{zz} \end{pmatrix}, \quad \vec{\alpha} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & i\alpha_2 \\ 0 & 0 & \alpha_4 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где отличные от нуля компоненты определены следующим образом:

$$\begin{aligned} \mu_{xx} &= \frac{\omega_{\mu xx}^2 - \omega^2}{\omega_0^2 - \omega^2}, & \mu_{yy} &= \frac{\omega_{\mu yy}^2 - \omega^2}{\omega_0^2 - \omega^2}, \\ \mu_* &= \frac{4\pi m_0 \omega_S \omega}{\omega_0^2 - \omega^2}, & \varepsilon_{xx} &= \varepsilon_{yy} = \varepsilon + \rho_2 + \rho_4, & \varepsilon_{zz} &= \varepsilon + \rho_1 + \rho_3 \\ \alpha_2 &= \frac{\mu_B \beta_2 \omega_S \omega}{2(\omega_0^2 - \omega^2)}, & \alpha_4 &= \frac{\mu_B \beta_2 m_0 \omega_0 \omega_S^2}{2(\omega_0^2 - \omega^2)}. \end{aligned} \quad (3)$$

В результате для неограниченных ФМ сред при любой величине внешнего электрического поля ($\vec{E}_0 \parallel OY$) имеет место независимое распространение поляритонов ТЕ- и ТМ-типа с волновым вектором $\vec{k} \in XY$.

Таким образом, при ($\vec{E}_0 \parallel OY$) спектр нормальной поляритонной волны ТЕ-типа с неограниченного ФМ обладает невзаимностью относительно инверсии направления распространения волны ($\vec{k} \in XY$). В случае $\vec{E} = 0$ указанный эффект исчезает. Проведенный анализ показал, что одновременный учет в (1)–(3) магнитоэлектрических, псевдокиральных и гиротропных свойств приводит к целому ряду новых особенностей в характере отражения плоской объемной электромагнитных волн ТМ- или ТЕ-типа падающей извне на поверхность рассматриваемого полугораниченного ФМ в условиях полного внутреннего отражения (ПВО). В частности, впервые показано:

1) Амплитуда как эванесцентной, так и особой поверхностной волны ТМ-или ТЕ-типа может не просто экспоненциально убывать вглубь ФМ-

среды, но при этом испытывать пространственные осцилляции в случае, если одновременно вектор постоянной магнитной индукции ортогонален, а внешнее электрическое поле коллинеарно сагиттальной плоскости.

2) Если из оптически более плотного немагнитного диэлектрика падает плоская объемная волна ТЕ-типа на поверхность оптически менее плотной полуограниченной ФМ-среды, то максимум интенсивности возбуждаемой в магнетике в условиях ПВО однопарциальной эванесцентной волны с поляризацией $\mathbf{E} = \mathbf{z}$ реализуется для тех сочетаний частоты и угла падения, при которых мгновенный поток энергии через границу раздела магнитной и немагнитной сред в любой момент времени равен нулю (что позволяет назвать ее особой поверхностной волной). Эффект является невзаимным относительно инверсии направления ориентации электрического поля.

Следует подчеркнуть, что найденная выше структура уравнений связи (1)–(3), качественно не изменяется и в случае рассматриваемого мелкослоистого гиротропного 1D магнитного фотонного кристалла (МФК) типа ферромагнетик- диэлектрик в постоянном внешнем электрическом поле приложенном вдоль оси сверхрешетки. В этом случае в (1)–(3) будут входить усредненные по периоду МФК индукции и напряженности электрического и магнитного полей, а компоненты тензоров магнитной, диэлектрической и магнитоэлектрической восприимчивостей ФМ-среды заменены на соответствующие компоненты эффективных тензоров. В результате появляется дополнительная возможность влияния на эффекты рефракции за счет изменения относительной толщины магнитного и немагнитного слоев формирующих элементарный период 1D МФК.

Список литературы

1. Sumeet Walia, Charan M. Shah, Philipp Gutruf, Hussein Nil et al. // Appl. Phys. Rev. 2015. V. 2. 011303.

**ВЛИЯНИЕ СЛАБОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ВИСМУТОМ
НА МИКРОСТРУКТУРУ И МАГНИТНОЕ СОСТОЯНИЕ
ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ $\text{Bi}_x\text{La}_{1-x}\text{MnO}_3$**

Тарасенко Т.Н.¹, канд. физ.-мат. наук, ст. научн. сотр.

Линник А.И.¹, канд. физ.-мат. наук, ст. научн. сотр.

Вальков В.И.¹, д-р физ.-мат. наук, профессор,

Бурховецкий В.В.¹, Кравченко З.Ф.¹,

Каменев В.И.¹, д-р физ.-мат. наук, ст. научн. сотр.,

Мазур А.С.², канд. физ.-мат. наук

¹ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР

²Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Твердые растворы на основе мультиферроика BiMnO_3 и манганита лантана LaMnO_3 являются примером систем с сильной взаимосвязью магнитных и электрических характеристик. Перспективы их использования в качестве материалов для магнитных изолирующих барьеров в спиновых фильтрах определяют высокую актуальность комплексного изучения их физических свойств [1].

LaMnO_3 – диэлектрик и слоистый антиферромагнетик ($T_N = 140$ K) с орторомбической структурой. BiMnO_3 – мультиферроик с моноклинной структурой (C2) и температурами ферромагнитного (ФМ) упорядочения $T_C = 100$ K и ферроэлектрического упорядочения ~ 750 K [2].

К настоящему времени имеется совсем небольшое количество работ по изучению слабелегированного висмутом LaMnO_3 . К тому же, вопрос о природе ферромагнетизма Bi-замещенных манганитов лантана до сих пор остается открытым. При слабом легировании требуется достижение достаточной однородности распределения легирующей добавки по объему образца. Этому требованию отвечает золь-гель метод синтеза, при котором можно получать материалы в виде наноразмерных порошков.

Целью данной работы является исследование структурных и магнитных свойств твердых растворов системы $\text{Bi}_x\text{La}_{1-x}\text{MnO}_3$ в диапазоне малых замещений $0.0 \leq x \leq 0.1$.

Исходными веществами для получения серии составов $\text{Bi}_x\text{La}_{1-x}\text{MnO}_3$ ($x = 0.0; 0.025, 0.05; 0.075$ и 0.1) служили окислы металлов La_2O_3 , Bi_2O_3 , и Mn_2O_3 марки «ОСЧ», взятые в стехиометрических количествах. Путем их растворения в уксусной и азотной кислотах получали коллоидный раствор (золь). При его нагревании происходит полимеризация и образование геля, что обеспечивает высокую гомогенность исходных компонентов и предохраняет катионы металлов, жестко закрепленные химическими связями, от слипания. Максимальная температура прокаливания сухого

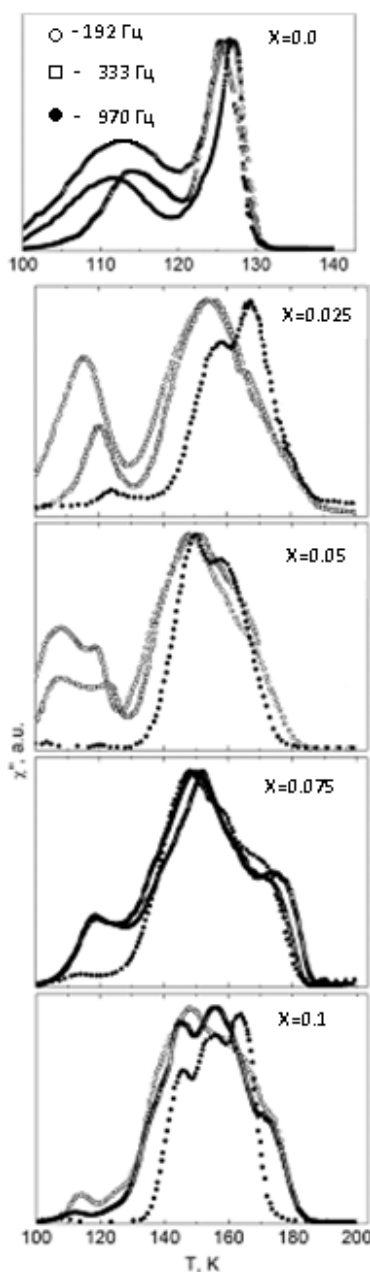
продукта составляла 700 С. Размер частиц полученных порошков составлял ≤ 40 нм. Рентгеноструктурные исследования показали, что синтезированные нанопорошки являются однофазным и имеет псевдокубическую структуру. Спекание спрессованных образцов происходило при температуре 1100°C в течение 30 часов. После такой обработки кристаллическая структура образцов всех составов была идентифицирована как ромбоэдрическая $R\bar{3}c$ [3,4].

Микроструктурные исследования были проведены с использованием сканирующего электронного микроскопа ISM-6490LV (JEOL, Япония). Из результатов исследования морфологии поверхности излома образцов $\text{Bi}_x\text{La}_{1-x}\text{MnO}_3$ ($0.0 \leq x \leq 0.1$) следует, что с увеличением содержания висмута эволюция микроструктуры образцов проявляется в росте среднего размера гранул $d_{\text{ср}}$ от 0.5 мкм (для LaMnO_3) до примерно 12 мкм (для $\text{Bi}_{0.1}\text{La}_{0.9}\text{MnO}_3$), часть из них имеет хорошо выраженную огранку. Гранулы имеют большую поверхность соприкосновения [3,4].

Эволюцию микроструктуры образцов, синтезированных при одинаковой температуре, с ростом степени легирования висмутом можно объяснить следующим образом. Рост гранул при спекании нанопорошков обусловлен главным образом объемной ионной диффузией ионов Bi^{3+} . Спекание в одинаковых условиях приводит к тому, что составы с большим содержанием висмута имеют более низкую температуру рекристаллизации (в том числе и благодаря более низкой температуре плавления), а диффузионный процесс и процесс укрупнения гранул в них являются термически активированными.

Для таких магнитно-неоднородных систем прямой метод измерения магнитной восприимчивости недостаточно чувствителен для выявления всех возможных ФМ фаз. Гораздо более информативным является метод измерения температурных зависимостей мнимой части магнитной восприимчивости χ'' [5]. $\chi''(T)$ измеряли модуляционным методом в температурном интервале $77 \text{ K} \leq T \leq 300 \text{ K}$ на индуктивно-частотной установке (рабочая частота $\sim 5 \text{ МГц}$) в диапазоне частот модуляции 133–1273 Гц. Амплитуда модулирующего поля H_{mod} составляла 10 Э.

На рисунке 1 приведены температурные зависимости мнимой части магнитной восприимчивости χ'' образцов системы $\text{Bi}_x\text{La}_{1-x}\text{MnO}_3$ ($x = 0.0; 0.025; 0.05; 0.075; 0.1$), синтезированных золь-гель методом, при трех частотах модуляции: 192, 333 и 970 Гц. Зависимости $\chi''(T)$ для «чистого» LaMnO_3 имеют по два узких максимума, соответствующих двум четко выделенным ФМ фазам с температурами Кюри $T_c \sim 113 \text{ K}$ и $\sim 127 \text{ K}$. Зависимости $\chi''(T)$ для разных частот модулирующего магнитного поля свидетельствуют об отсутствии признаков спинового стекла в LaMnO_3 , как и в работе [5]. Для образцов, содержащих добавки Bi^{3+} , вид зависимостей кардинально меняется. При температурах ниже 130 К наблюдаются максимумы $\chi''(T)$, положение которых совпадает с теми, которые



наблюдались в «чистом» LaMnO_3 . Амплитуда максимумов при $T < 130$ К уменьшается с увеличением содержания Bi в составе манганита. Дополнительные исследования восприимчивости на разных частотах модулирующего поля показали, что с увеличением частоты от 192 Гц до 970 Гц амплитуда этих максимумов резко уменьшается. Это явление наблюдается для всех содержащих висмут составов $\text{Bi}_x\text{La}_{1-x}\text{MnO}_3$ и обычно характерно для состояния спинового стекла [6].

ФМ упорядочение образцов всех Bi-содержащих составов происходит при более высоких температурах, чем у LaMnO_3 . Кроме максимумов при $T < 130$ К, на зависимостях $\chi''(T)$ $\text{Bi}_x\text{La}_{1-x}\text{MnO}_3$ имеются высокотемпературные максимумы, расположенные в диапазоне температур $150 < T < 170$ К. При этом температурный диапазон этих максимумов практически не зависит от концентрации Bi.

Таким образом, Исследование зависимости $\chi''(T)$ слабелегированных составов $\text{Bi}_x\text{La}_{1-x}\text{MnO}_3$ ($0.025 \leq x \leq 0.1$) показало, что выше 130 К Bi-содержащий манганит лантана является слабонеоднородным ферромагнетиком, содержащим несколько ФМ фаз с температурами Кюри в интервале от 150 К до 170 К. Однако, ниже 130 К наблюдается переход в состояние спинового стекла с температурой замерзания магнитных моментов ФМ кластеров $T_f \approx 115$ К.

Список литературы

1. Gajek M. et al. // J. Appl. Phys. 2006. V.99. 08E504.
2. Moreira dos Santos et al. // Phys. Rev. B. 2002. V.66. 064425.
3. Т.Н. Тарасенко и др. // Известия РАН. Сер. Физ. 2017. Т.81. 344.
4. Т.Н. Тарасенко и др. // ФТВД. 2017. Т.27. 101.
5. Тарасенко Т.Н. и др. // ФТТ. 2011. Т.53. 899.
6. Коренблит И.Я., Шендер Е.Ф. // УФН. 1989. Т.157. С. 267.

ПЕРСПЕКТИВА СОЗДАНИЯ ГИБРИДНОГО (АРХИТЕКТУРНОГО) МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ БЫСТРООХЛАЖДЕННЫХ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ

Терехов С.В., д-р физ.-мат. наук, вед. науч. сотр.,

Бадекин М.Ю.

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР

scsechr@donfti.ru

Одним из определяющих факторов развития техники является прогресс в разработке новых материалов, обладающих уникальными физико-химическими свойствами и техническими характеристиками. Применительно к автомобильному и авиационно-космическому машиностроению наибольший интерес представляют материалы, сочетающие высокую прочность и пластичность с малым удельным весом [1]. Этим качеством обладают сплавы на основе алюминия, обладающие высокой удельной прочностью. Кроме того, на поверхности алюминиевых сплавов образуется защитная антикоррозийная пленка, что является дополнительным преимуществом этих материалов. Сплавы на основе алюминия применяют для изготовления корпусов и силовых деталей типа шпангоутов, фитингов и балок в изделиях современной авиакосмической техники и целого ряда деталей автомобилей.

Существующие тенденции в использовании различных материалов показывают, что оптимального сочетания различных свойств можно достигать различными путями:

- созданием особой внутренней структуры (в частности, наноструктур) или ее полным отсутствием (металлические стекла);
- легированием компонентами, изменяющими свойства прекурсора в выбранном направлении;
- сочетанием органических и неорганических систем с целью создания новых композитов или гибридных материалов;
- изменением технологических приемов изготовления изделий.

Учитывая, что к настоящему времени в промышленных сплавах на основе алюминия реализованы все известные для кристаллических материалов механизмы упрочнения (измельчение размеров зерен, пересыщение твердых растворов, дисперсионное твердение и деформационное упрочнение) наиболее перспективными направлениями представляются создание материалов с полностью или частично разупорядоченными структурами, механические свойства которых определяются иными механизмами [2], или разработкой гибридных (архитектурных) материалов, представляющих собой комбинации двух или более материалов, сформированных таким

образом, чтобы получить характеристики, которыми не обладает каждый из этих материалов [3].

Проведенными исследованиями установлено, что по уровню прочностных свойств алюминиевые сплавы с аморфной и нанокристаллической структурами приблизительно в 2 и 3 раза, соответственно, превосходят характеристики высокопрочных промышленных сплавов [2]. Однако практическая ценность такого рода материалов ограничена низкой пластичностью, характерной для неупорядоченных структур, поэтому в настоящее время большое внимание уделяется разработке гибридных материалов.

Одним из примеров гибридных материалов могут служить слоистые алюмокомпозиты типа СИАЛ, которые отличаются «от традиционных алюминиевых сплавов чрезвычайно высокой трещиностойкостью (~ в 10 раз), повышенной прочностью (в 1,5–2 раза) и пониженной плотностью (на 10–15 %)» [1]. Они состоят из нескольких слоев алюминиевого сплава и стеклопластика, что значительно повышает их устойчивость по отношению к развитию трещин. Поэтому они рекомендованы для изготовления обшивки фюзеляжа, в зонах акустической усталости крыла, люков и дверей самолетов. Легирование алюминиевых сплавов определенными добавками (Sc, Zr, Ag) улучшает в несколько раз их эксплуатационные характеристики [1,4]. Применение такого материала позволило снизить вес самолета на 500 кг [5].

Альтернативный подход в создании гибридных материалов заключается в использовании комбинации из материалов с метастабильными структурами, обладающими повышенными уровнями ряда физических свойств. В частности, формирование метастабильных структур (сильно пересыщенных твердых растворов, метастабильных и аморфных фаз) в алюминиевых сплавах приводит к существенному повышению уровня прочностных свойств. В этой связи авторами предлагается разработать архитектурный материал на основе алюминия, состоящий из быстроохлажденных сплавов с аморфной и кристаллической структурой, характерными свойствами которых являются высокая прочность и приемлемый с практической точки зрения уровень пластичности соответственно. Оба материала получают методом спиннингования расплава в форме лент толщиной 30–50 мкм и для их консолидации предполагается использовать методы интенсивной пластической деформации. Принципиальная возможность получения объемных образцов из быстроохлажденных лент с аморфной структурой была установлена экспериментально авторами работы [6].

Для практической реализации заявленного подхода необходимо решить целый ряд как экспериментальных, так и теоретических задач. К ним относятся:

- экспериментальный подбор составов пакетов лент с аморфной и кристаллической структурами;
- характеристика физических свойств и структурных параметров исходных материалов;
- выбор метода консолидации;
- создание экспериментальной установки;
- определение оптимального режима обработки пакетов лент для получения заданных свойств у гибридного или архитектурного материала;
- исследование структуры консолидированного материала и определение его физических характеристик;
- теоретическое изучение взаимодействия локальных областей с разной структурой;
- оценка характерных размеров областей с разными структурами и времен их существования в устойчивом состоянии, а также целый ряд других задач и проблем.

Список литературы

1. Фридляндер И.Н. Перспективные высокопрочные материалы на алюминиевой основе / И.Н. Фридляндер, А.В. Добромислов, Е.А. Ткаченко, О.Г. Сенаторова // Интернет-ресурс <https://viam.ru/public/files/2005/2005-204273.pdf>. – 2005. – 19 с.
2. Inoue A. Fabrication and mechanical properties of bulk amorphous, nanocrystalline, nanoquasicrystalline alloys in aluminum-based system / A.Inoue, H.Kimura // J. Light Met. – 2001. – vol. 1. – pp. 31–41.
3. Ashby M. Designing architected materials / M.Ashby // Scr. Mater. – 2013. – Vol. 68. – pp. 4–7.
4. Давыдов В.Г. О легировании алюминиевых сплавов добавками скандия и циркония / В.Г.Давыдов, В.И.Елагин, В.В.Захаров, Т.Д.Ростова // МиТОМ. –1996. – № 8. – С.25–30.
5. Шестов В.В. Высокопрочный слоистый материал на основе листов из алюминий-литиевого сплава / В.В.Шестов, В.В.Антипов, Н.Ю.Серебренникова, Ю.Н.Нефедова // Технология легких сплавов. – 2016. – № 1. – С. 119–123.
6. Shpak A.P. Nanostructured $Al_{86}Gd_6Ni_6Co_2$ bulk alloy produced by twist extrusion of amorphous melt-spun ribbons / A.P.Shpak, V.N.Varyukhin, V.I.Tkatch, V.V.Maslov, Y.Y.Beygelzimer, S.G.Synkov, V.K.Nosenko, S.G.Rassolov // Mater. Sci. Eng. A – 2006. – Vol. 425. – pp. 172–177.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕДИ М0Б ПОСЛЕ РАЗНЫХ СХЕМ РАВНОКАНАЛЬНОГО УГЛОВОГО ПРЕССОВАНИЯ

Ткаченко В.М., канд. физ.-мат. наук, *Волкова Г.К.*,

Сенникова Л.Ф., канд. техн. наук

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», Донецк, ДНР

vfti@mail.ru

Получение объемных наноструктурных материалов является одним из развивающихся направлений современного материаловедения. На данный момент развит целый ряд технологий по трансформации исходной крупнокристаллической структуры в ультрамелкозернистую [1]. Особое внимание уделяется технологиям, основанным на способах создания в материалах больших пластических деформаций, в результате чего в материале формируется ультрамелкозернистая структура, которая позволяет получить высокие физико-механические свойства.

Большие пластические деформации способствуют деформации кристаллической решетки, которая проявляется в образовании технологических остаточных напряжений $\sigma_{ост}$ (макро- и микронапряжения – первого, второго и субмикронапряжения третьего рода). Важно знать величину и знак остаточных напряжений для обеспечения необходимых свойств материала.

Наиболее известным методом интенсивной пластической деформации (ИПД) является равноканальное угловое прессование (РКУП). Представляет интерес оценить степень деформации решетки меди М0б при деформировании РКУП по разным схемам.

Несмотря на большое число работ по изучению процесса РКУП, проблема оценки влияния технологической наследственности (остаточных напряжений и накопленных пластических деформаций) в образце на напряженно-деформированное состояние и прочность субмикроструктурных материалов недостаточно изучена и является актуальной.

Целью работы является определение уровня макро – и микронапряжений кристаллической решетки меди М0б, наличия деформационных дефектов упаковки в результате разных схем РКУП и их влияния на структуру, прочностные свойства и деформационную пористость материала.

Исходным материалом служили заготовки меди М0б, отожженные при температуре 600 °С в течение 2 часов. Деформационную обработку образцов осуществляли при комнатной температуре по двум схемам РКУП, представленным на рис. 1, а, б. Первая схема обработки заклю-

чалась в продавливании заготовки через каналы деформирующей матрицы с углом пересечения каналов $\Theta = 90^\circ$. Разовая эквивалентная деформация за один цикл прессования составляла $\epsilon = 1$. При второй схеме обработки использовалась деформирующая матрица с углом пересечения каналов $\Theta = 160^\circ$. Разовая эквивалентная деформация за один цикл прессования составляла $\epsilon = 0.2$. В обеих схемах обработки после каждого цикла прессования осуществлялся поворот заготовки на 180° . Накопленная суммарная деформация образцов в первом и во втором случаях была одинакова.

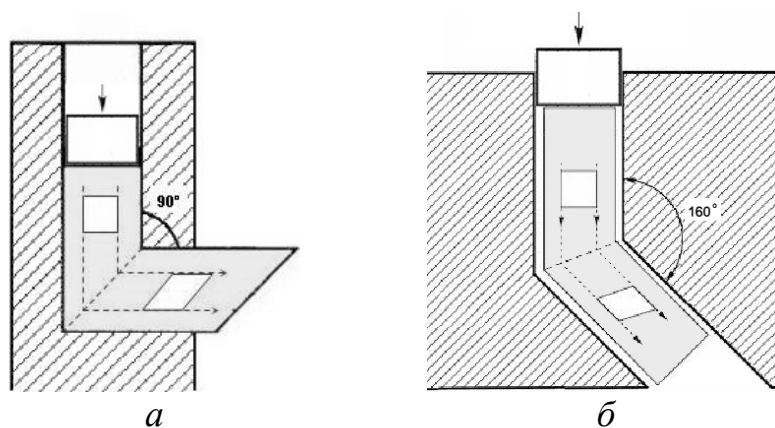


Рис. 1. Схемы деформационной обработки заготовок методом РКУП с разными углами пересечения каналов Θ ($a - \Theta = 90^\circ$, $b - \Theta = 160^\circ$)

Сравнительный анализ структуры и физико-механических свойств образцов, полученных по двум разным схемам РКУП, показал, что плотность образцов при сдвиговой деформации в дробном режиме ($\epsilon = 0.2$) немного выше, а твердость, как и для других методов ИПД [2], интенсивно повышается в пределах деформации до $\Sigma\epsilon \sim 2$, а далее меняется незначительно.

Исследование зависимости деформационного разуплотнения от степени деформации РКУП показало, что при деформации с большой суммарной степенью, но в дробном режиме ($\epsilon < 1$), деформационная пористость меди меньше по сравнению с традиционным РКУП, где $\epsilon \geq 1$.

Рентгеноструктурные исследования тонкой структуры показали, что в данном случае, при больших накопленных деформациях, уровень микродеформации решетки меди и плотность хаотично расположенных дислокаций меньше на порядок по сравнению с образцами после традиционного РКУП, а значит и уровень разуплотнения решетки меньше. В тоже время наблюдается интенсивное измельчение зеренной структуры.

При деформировании наряду с микронапряжениями в кристаллической решетке возникают макронапряжения I рода. Результаты расчетов макронапряжений (табл. 1) после деформации по разным схемам РКУП свидетельствуют о том, что после обеих схем деформации все

остаточные напряжения одного знака – сжимающие, но разные по абсолютной величине.

Таблица 1

Величина макронапряжений в меди после деформации РКУП

Степень деформации	Остаточные напряжения $\sigma_{ост}$, МПа	
	РКУП ($\theta = 90^\circ$)	РКУП ($\theta = 160^\circ$)
1	- 36,7	- 277,0
2	- 347,0	- 277,0
4	- 623,2	- 277,0
6	- 574,8	0
15	- 287,0	–

Деформирование в дробном режиме ($\epsilon < 1$) с пересекающимися каналами под углом 160° сопровождается одинаковым уровнем остаточных напряжений во всех образцах, за исключением образца после 30 проходов ($\epsilon = 6$). Там макронапряжения отсутствуют, по-видимому, за счет уравнивания сжимающих и растягивающих напряжений. Следовательно, деформация по этому режиму идет сравнительно однородно, чего нельзя сказать о деформации по схеме с углом 90° ($\epsilon \geq 1$). В этом случае кривая зависимости величины остаточных напряжений от степени деформации носит немонотонный характер. Максимальные сжимающие напряжения присутствуют в образцах после деформации с суммарной степенью $\epsilon = 4$ и $\epsilon = 6$, а минимальные - в образце после деформации $\epsilon = 1$. Обращает на себя внимание тот факт, что в образце после 2 проходов ($\epsilon = 2$) остаточные напряжения почти на порядок больше, чем после одного прохода. То есть, при такой схеме деформирования уровень остаточных напряжений распределяется неравномерно, что может сказываться на увеличении деформационной пористости материала.

Список литературы

1. Валиев Р.З. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией / Р.З. Валиев, И.В. Александров.. – М.: «Логос», 2000. – 272 с.
2. Сенникова Л.Ф. Влияние больших пластических деформаций на структуру и свойства меди М06 / Л.Ф. Сенникова, А.А. Давиденко, В.М. Ткаченко, Л.С. Метлов // Вопросы материаловедения. – 2017. – Т. 89, № 1. – С. 92-98.

ПОЛЕ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ АНИОННОЙ ВАКАНСИИ В НАНОПОРОШКЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Токий В.В., д-р физ.-мат. наук, профессор,

Токий Н.В., канд. физ.-мат. наук

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР

nvt1976@mail.ru

Проблемы энергетики, защиты окружающей среды и здоровья человека становятся стратегическими приоритетами не только в научных исследованиях, но и во всех аспектах нашей жизни.

Ранее отраслевой принцип управления развитием науки и техники позволял отраслям активно внедрять разработки, проводить четкую специализацию научных и проектных организаций, совершенствовать планирование исследований, повышать научно-технический уровень отраслевого производства.

Огнеупорный диоксид циркония по многим параметрам может служить твердым электролитом для топливных элементов [1], благодаря наличию мартенситных фазовых превращений из моноклинной в тетрагональную, из тетрагональной в кубическую, и обратно [2], может претендовать на роль исполнительного микромеханизма, к тому же рассматривается как возможная инертная матрица вместо диоксида урана(238) для оружейного плутония в ядерном топливе для атомных электростанций, которая позволит снизить радиационную активность отходов в 20 раз [3], а так же может использоваться как наноразмерные системы доставки противораковых субстанций на основе новейших люминесцентных и рентгеноконтрастных олигоэлектролитов [4, 5].

Однако, наряду с положительными [6], проявились и отрицательные моменты: ведомственный подход к решению научно-технических проблем, ориентация только на отраслевые интересы. Недооцениваются возможности проведения межотраслевых комплексных исследований и эффективного многоотраслевого использования полученных результатов. Кроме того, известные схемы не позволяют производить гибридные материалы в достаточном количестве. Поэтому важнейшей задачей в области создания данного класса объектов является исследование механизмов структурообразования на разных масштабных уровнях и разработка методов направленного регулирования их структуры и свойств [7-9], которые обеспечили бы необходимый комплекс эксплуатационных характеристик и технологичность производства. Проведение систематических исследований в данном направлении способствует созданию новых технологических процессов изготовления гибридных материалов с заданным уровнем свойств.

Целью настоящей работы является рассмотрение в рамках упругого подхода полей деформации анионной вакансии, которые дают определяющий вклад в дилатацию, возникающую при миграции аниона (другими словами в активационный объем миграции кислорода) в нанопорошках на основе диоксида циркония.

Для простоты рассмотрим сферическую модель кристаллита, в центре которого помещен узел аниона. Определим деформацию полого шара (наружный и внутренний радиусы которого равны соответственно $D/2$ и R_0). Давлением снаружи пренебрегаем. Вводим сферические координаты с началом в центре шара. Деформация u направлена везде по радиусу и является функцией только от r .

$$u = Ar + \frac{B}{r^2}$$

Компоненты тензора деформации

$$u_{rr} = A - \frac{2B}{r^3} \quad u_{\theta\theta} = u_{\phi\phi} = A + \frac{B}{r^3}$$

Радиальное напряжение

$$\sigma_{rr} = 3KA - \frac{4\mu B}{r^3}$$

Из граничных условий:

$$\sigma_{rr} = 0 \text{ при } r = D/2, \quad \sigma_{rr} = \frac{2\gamma}{R_0} \text{ при } r = R_0,$$

где γ - удельная эффективная поверхностная свободная энергия точечного дефекта - вакансии [10], определим постоянные A и B

$$A = \frac{16\gamma R_0^2}{3K(8R_0^3 - D^3)} \quad B = \frac{\gamma R_0^2 D^3}{2\mu(8R_0^3 - D^3)}$$

Подставляя коэффициенты A и B получим зависимости отличных от нуля полей деформаций и напряжений от размера кристаллита и параметров примеси

$$\begin{aligned} u_{rr} &= \frac{16\gamma R_0^2}{3K(8R_0^3 - D^3)} - \frac{\gamma R_0^2 D^3}{\mu(8R_0^3 - D^3)r^3} \\ u_{\theta\theta} = u_{\phi\phi} &= A + \frac{B}{r^3} = \frac{16\gamma R_0^2}{3K(8R_0^3 - D^3)} + \frac{\gamma R_0^2 D^3}{2\mu(8R_0^3 - D^3)r^3} \\ \sigma_{rr} &= \frac{16\gamma K R_0^2}{K(8R_0^3 - D^3)} - \frac{2\gamma R_0^2 D^3}{(8R_0^3 - D^3)r^3} \\ \sigma_{\theta\theta} = \sigma_{\phi\phi} &= \frac{16\gamma K R_0^2}{K(8R_0^3 - D^3)} + \frac{\gamma R_0^2 D^3}{(8R_0^3 - D^3)r^3} \end{aligned}$$

Откуда следует, что дилатация, возникающая в кристаллите оксида с анионной вакансией составляет:

$$u_{ii}^o = \frac{16\gamma R_o^2}{K(8R_o^3 - D^3)}.$$

В рамках гибридного упругого подхода мы получили зависимости параметров анионной вакансии от ее удельной эффективной поверхностной свободной энергии и размера кристаллита - одного из важнейших технологических характеристик получения наноматериалов с элементами структуры, управляющими функциональными свойствами, что было не возможно в рамках современных квантово-механических рассмотрений отраслевых подходов.

Список литературы

1. N.V.Tokiy, V.V.Tokiy, T.E.Konstantinova, D.L.Savina, 8-th International Symposium on Solid Oxide fuel Cells (SOFC YIII)Paris SOFC –8, N 1839 (T1) Electrochemic Society Proc N1934 (T1) PV2003-07, p181-186 (2003).
2. Токий Н.В., Варюхин В.Н. Известия РАН. Серия физическая, т. 76, № 1, с. 19–23(2012).
3. Токий Н.В. Електронна будова плутонію в інертній матриці з бадделейту. Збірник “Наукова парадигма географічної освіти в ХХІ столітті”, Донецьк: ДООУ, с.194-205 (2006).
4. Tokiy N.V., Savina D.L., Tokiy V.V. Тезисы международной конференции «Нано-биофизика: фундаментальные и прикладные аспекты». – Киев. – С. 157 (2011).
5. Tokiy N.V., Savina D.L., Tokiy V.V. Materials of Mediterranean-East-Europe Meeting “Multifunctional Nanomaterials (NanoEuroMed 2011)”.- Uzhgorod,.-С.165 (2011).
6. Токий Н.В., Перекрёстов Б.И., Савина Д.Л., Даниленко И.А. ФТТ. 53, вып. 9, 1732 (2011). N.V. Tokiy, B.I. Perekrestov, D.L. Savina, and I.A. Danilenko. Phys. Solid State 53, №9, 1827 (2011).
7. Перекрестов Б.И., Токий В.В., Токий Н.В., Волков Г.К.а, ФТТ. 56, вып. 4, 647 (2014). B.I. Perekrestov, V.V. Tokiy, N.V. Tokiy, and G.K. Volkova, Phys. Solid State 56, №4, 673 (2014).
8. Токий Н.В., Токий В.В., Пилипенко А.Н., Письменова Н.Е. ФТТ. 56, вып. 5, 966-969 (2014). N. V. Tokiy, V. V. Tokiy, A. N. Pilipenko, N. E. Pismenova. Phys. Solid State. 56, No. 5. -pp. 1002–1005 (2014).
9. Токий Н.В., Пилипенко А.Н., Токий В.В. МФиНТ. **36**, № 8, с. 1129-1143. (2014).
10. Брукс Г. Вакансии в решетке и атомы в междоузлиях. Примеси и дефекты. перев. с англ. под. ред. Б.Н.Финкельштейна. Москва. – С.9-41(1960).

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА КРИСТАЛЛИТА НА ЭНЕРГИЮ ОБРАЗОВАНИЯ ПАРЫ МЕЖУЗЕЛЬНОГО ДЕФЕКТА И ВАКАНСИИ В НАНОМАТЕРИАЛАХ

Токий В.В., д-р физ.-мат. наук, профессор,

Токий Н.В., канд. физ.-мат. наук, **Носолев И.К.**

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР
nvt1976@mail.ru

Диэлектрические материалы разного типа (Al_2O_3 , MgO , MgAl_2O_4 , BN , Si_3N_4 , SiC и др.) с температурой плавления от 2000 К (нитрид кремния) до 3000 К (нитрид бора) широко применяются как функциональные (изоляторы, дисперсные упрочняющие частицы в конструкционных сталях и сплавах, защитные покрытия и др.) и конструкционные композитные материалы в ядерных и термоядерных реакторах. Так же показана перспективность использования диэлектриков (BN и Al_2O_3 и др.) как мониторов температуры облучения при внутриреакторном облучении материалов [1-3].

Важнейшей задачей в области создания данного класса объектов является исследование механизмов структурообразования на разных масштабных уровнях и разработка методов направленного регулирования их структуры и свойств [4], которые обеспечили бы необходимый комплекс эксплуатационных характеристик и технологичность производства. Проведение систематических исследований в данном направлении способствует созданию новых технологических процессов изготовления наноструктурных материалов с заданным уровнем свойств.

Целью настоящей работы является рассмотрение в рамках гибридного подхода изменения упругих свойств, вызванных одновременным образованием пары межузельного и вакансионного дефектов в наноматериалах.

Для простоты рассмотрим сферическую модель кристаллита в центре которого помещен межузельный атом. Определим деформацию полого шара (наружный и внутренний радиусы которого равны соответственно $D/2$ и R_b). Внутри этого шара вставлен сферический атом радиуса R_a , давлением снаружи пренебрегаем. Вводим сферические координаты с началом в центре шара. Деформация u направлена везде по радиусу и является функцией только от r

$$u = A_{\text{int}} r + \frac{B_{\text{int}}}{r^2}$$

Компоненты тензора деформации

$$u_{rr} = A_{\text{int}} - \frac{2B_{\text{int}}}{r^3} \quad u_{\theta\theta} = u_{\phi\phi} = A_{\text{int}} + \frac{B_{\text{int}}}{r^3}$$

Радиальное напряжение

$$\sigma_{rr} = 3KA_{\text{int}} - \frac{4\mu B_{\text{int}}}{r^3}$$

Постоянные A_{int} и B_{int} определяются из граничных условий:

$$\sigma_{rr} = 0 \text{ при } r = D/2 \quad u = R_a - R_b \text{ при } r = R_b$$

Отсюда находим

$$A_{\text{int}} = \frac{32\mu R_b^2 (R_a - R_b)}{3KD^3 + 32\mu R_b^3} \quad B_{\text{int}} = \frac{3KD^3 R_b^2 (R_a - R_b)}{3KD^3 + 32\mu R_b^3}$$

Подставляя коэффициенты A_{int} и B_{int} , получим зависимости отличных от нуля полей деформаций и напряжений от размера кристаллита и параметров межузельного дефекта, в частности

$$\sigma_{rr}^b = \frac{96K\mu R_b^2 (R_a - R_b)}{3KD^3 + 32\mu R_b^3} - \frac{12K\mu D^3 R_b^2 (R_a - R_b)}{(3KD^3 + 32\mu R_b^3)r^3}$$

$$\sigma_{\theta\theta}^b = \sigma_{\phi\phi}^b = \frac{96K\mu R_b^2 (R_a - R_b)}{3KD^3 + 32\mu R_b^3} + \frac{6K\mu D^3 R_b^2 (R_a - R_b)}{(3KD^3 + 32\mu R_b^3)r^3}$$

При зарождении межузельного дефекта одновременно возникает вакансия, поле деформаций и напряжений которой рассмотрены в докладе «Поле упругих деформаций анионной вакансии в нанопорошке диоксида циркония» настоящей конференции.

Суммарные поля напряжений и деформаций межузельного атома и вакансии изменяют в изотропной модели, в первом приближении, пренебрегая неизвестными авторам модулями упругости третьего порядка, перенормированный модуль Юнга [5,6]

$$\tilde{E} = \frac{\tilde{\mu}(3\tilde{\lambda} + 2\tilde{\mu})}{\tilde{\lambda} + \tilde{\mu}} \approx E - \frac{9K}{3K + \mu} \left[\frac{96K\mu R_b^2 (R_a - R_b)}{3KD^3 + 32\mu R_b^3} + \frac{16\gamma R_a^2}{(8R_a^3 - D^3)} \right],$$

где γ - удельная эффективная поверхностная свободная энергия точечного дефекта - вакансии [7], и свободную энергию тела. Выражение для свободной энергии в единице объема тела F как функции от тензора деформации и тензора напряжений [8, формула (4.10)]

$$F_{\text{bulk}} = \frac{\sigma_{ik} u_{ik}}{2} = \frac{1}{2} \left(9K (A_{\text{int}} + A)^2 + \frac{12\mu (B_{\text{int}} + B)^2}{r^6} \right)$$

Подставив, полученные решения в выражение для упругой свободной энергии, и интегрируя по объему кристаллита, получаем оценку энергии образования пары дефектов в наноматериалах

$$\Delta U = 2\pi \left[3K(A_{\text{int}} + A)^2 \left(\frac{D^3}{8} - R_a^3 \right) - 4\mu(B_{\text{int}} + B)^2 \left(\frac{8}{D^3} - \frac{1}{R_a^3} \right) \right] + 4\pi R_a^2 \gamma,$$

где $A = \frac{16\gamma R_a^2}{3K(8R_o^3 - D^3)}$ и $B = \frac{\gamma R_a^2 D^3}{2\mu(8R_a^3 - D^3)}$ из доклада «Поле упругих

деформаций анионной вакансии в нанопорошке диоксида циркония» настоящей конференции.

Для измерений упругих свойств (модуля Юнга) наноматериалов был использован резонансный метод составного пьезоэлектрического вибратора [6,9,10].

В рамках гибридного упругого подхода мы получили зависимости параметров энергии образования дефектной пары межузельного атома и вакансии от ее удельной эффективной поверхностной свободной энергии и размера кристаллита - одного из важнейших технологических характеристик получения наноматериалов с элементами структуры, управляющими функциональными свойствами. И провели сравнение полученных теоретических результатов с экспериментальными данными метода составного вибратора.

Список литературы

1. Блохин Д.А., Чернов В.М., Блохин А.И. ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез, т. 39, вып. 3. с. 5-11(2016).
2. Сивак А.Б., Сивак П.А., Романов В.А., Чернов В.М. ВАНТ. Сер. Термоядерный синтез, т. 38, вып. 1. с. 26-31(2015).
3. Stepanov V.A., Isaev E.I., Krukova L.M., Plaksin O.A., Stepanov P.A., Chernov V.M. Nuclear Energy and Technology 1, p. 93–98(2015).
4. Токий Н.В., Варюхин В.Н. Известия РАН. Серия физическая, т. 76, № 1, с. 19–23(2012).
5. Косевич А.М. Дислокации в теории упругости. Влияние дислокаций на механические свойства кристаллов. Киев, «Наукова думка» (1978).
6. Носолев И.К., Токий Н.В., Токий В.В. Вестник ЛГУ им. В. Даля № 2(4), ч. 1, с.78-81(2017).
7. Брукс Г. Вакансии в решетке и атомы в междоузлиях. Примеси и дефекты. перев. с англ. под. ред. Б.Н.Финкельштейна. Москва.с.9-41(1960).
8. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости, Наука, Москва (1965).
9. Никаноров С.П., Кардашёв Б.К. Упругость и дислокационная неупругость кристаллов. М., «Наука» (1985).
10. Платков В.Я., Носолев И.К. Известия АН, серия Физическая 57, №1, 26-29 (1993).

БАРЬЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУННЕЛЬНЫХ ПЕРЕХОДОВ

Хачатурова Т.А., канд. физ.-мат. наук,

Рассолов С.Г., канд. физ.-мат. наук

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР

khachaturovat@mail.ru

Детальные исследования, проведенные авторами работы [1] позволяют утверждать, что металлооксидные сверхпроводники в нормальном состоянии можно считать полуметаллами. Основная особенность, которая отличает полуметаллы от металлов – это сравнительно малая величина энергии Ферми, что делает возможным подачу на туннельный переход напряжений больших, чем энергия Ферми полуметаллического электрода. В настоящей работе мы проведем проверку правильности этих утверждений в модели ВКБ–приближения.

Вначале рассмотрим стандартное однозонное приближение для туннельного барьера перехода полуметалл-диэлектрик-металл. Полагаем, что металлический электрод обладает большой (от четырех до десяти электрон-вольт) энергией Ферми E_{F_R} , в то время как энергия Ферми E_{F_L} полуметаллического электрода не превышает одного электрон-вольта. Расчет плотности туннельного тока $J(V)$ при подаче напряжения смещения на полуметаллический электрод можно выполнить, используя формулу, полученную в работе [2]:

$$J(V) = K \left\{ eV \int_0^{E_{F_L} - eV} P(E_z, V) dE_z + \int_{E_{F_L} - eV}^{E_{F_L}} \Theta(E_{F_L} - E_z) P(E_z, V) dE_z \right\}, \quad (1)$$

где $K = 4\pi me / h^3$, m - масса электрона, которая для простоты полагаем равной массе свободного электрона в обоих электродах и в изоляторе, $\Theta(x)$ - ступенчатая функция Хевисайда. Появление ее во втором интеграле в формуле (1) отражает тот факт, что при напряжениях смещения, превышающих энергию Ферми левого полуметаллического электрода, все электроны соответствующей зоны проводимости уже участвуют в туннельном процессе, и дальнейший рост напряжения оставляет неизменным число частиц, способных принять участие в туннельном процессе. Отметим, что прозрачность туннельного барьера $P(E_z, V)$ зависит лишь от двух переменных: приложенного напряжения V и компоненты кинетической энергии E_z , перпендикулярной плоскости туннельного барьера. Формула (1) получена в предположении, что температура равна нулю, что весьма удобно с расчетной точки зрения и вполне оправдано при решении данной задачи, поскольку нас интересуют эффекты, возникающие при больших напряжениях $V > k_B T$.

При обратной полярности напряжения радиус поверхности Ферми исходного электрода больше соответствующей величины в конечном электроде, и, как было показано в работах [3, 4, 5], требование условия зеркальности туннельного прохождения меняет формулу для туннельного тока на следующую:

$$J(V) = K \left\{ eV \int_{E_{\text{FR}} - eV}^{E_{\text{FR}}} P(E_z, V) dE_z + \int_{E_{\text{FR}} - eV}^{E_{\text{FR}}} (E_{\text{FL}} - E_z) P(E_z, V) dE_z \right\} \quad (2)$$

Численно дифференцируя соотношения (1) и (2) по V , получаем зависимости дифференциальной туннельной проводимости от напряжения смещения на туннельном переходе. В квазиклассическом приближении Вентцеля, Крамерса, Бриллюэна (ВКБ), которое применимо в случае плавного перехода от одного электрода к другому, прозрачность барьера – это всего лишь число, равное экспоненте [7]:

$$P_{\text{WKB}}(E) = \exp(-2 \int_{z_a}^{z_b} |k_z(E, z)| dz),$$

где z_a и z_b – точки поворота, z – координата, перпендикулярная плоскости барьера. Когда $eV = E_{\text{FL}}$ можно ожидать появления в кривой $\sigma(V)$ скачка, однако, выполненные нами расчеты с использованием ВКБ-приближения для $P(E_z, V)$ фактора дают только монотонные U-образные зависимости [5,6]. Следует отметить, что ВКБ-подход является всего лишь приближением, поскольку внутри барьера для описания затухания волновой функции они используют квазиклассическое приближение.

Список литературы

1. Свистунов В.М. Туннелирование в нормальное состояние металлооксидных сверхпроводников / В.М.Свистунов, А.И.Хачатуров, М.А.Белоголовский, О.И.Черняк // Физика низких температур. – 1996. – Т. 22, № 6. – С. 605–608.
2. Floyd R.B. Tunneling conductance of clean and doped Al-I-Pb junctions / R.B.Floyd, D.G.Walmsley // Journal of Physics C: Solid State Physics. 1978. Vol. 11. – P. 4601–4614.
3. Хачатуров А.И. Качественный анализ спин-зависимого туннелирования в контактах ферромагнитный металл – изолятор – ферромагнитный металл / А.И.Хачатуров // Письма в ЖЭТФ. 2005. Т. 82, № 10. – С. 728–733.
4. Хачатурова Т.А. «Два необходимых условия упругого туннелирования» / Т.А.Хачатурова // «Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса. Физико-математические и технические науки» 17-20 октября 2017 г., Донецк, – 2017, Т.№1, – С.175-177.
5. Хачатурова Т.А. Особенности барьерных характеристик туннельных контактов с ферромагнитным электродом / Т.А.Хачатурова // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля. – 2018 – Вып.11, № 5, – С.135 -138.
6. Хачатурова Т.А. Влияние давления на дифференциальную проводимость туннельных контактов с ферромагнитным электродом / Т.А.Хачатурова, А.Ю.Власенко // Физика и техника высоких давлений. – 2018. – Т. 28, № 3. – С. 24-30.
7. Давыдов А.С. Квантовая механика / А.С.Давыдов. – Москва: Наука, 1973.– 703 с.

РОЛЬ АНГАРМОНИЗМА В УСТОЙЧИВОСТИ СОСТОЯНИЯ РАВНОВЕСНОЙ СИСТЕМЫ КОНДЕНСИРОВАННОЙ СРЕДЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИКИ

Шелест В.В., канд. физ.-мат. наук, научн.сотр.,

Христов А.В., канд. физ.-мат. наук, научн.сотр.,

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк, ДНР

efbji@list.ru

В последнее время в связи с развитием нанотехнологий, поисками альтернативных источников энергии, интенсивного изучения многокомпонентных систем (в частности, композитных материалов) и высокомолекулярных биологических объектов (миоглобин, геном и т.д.), развитием биофизики, физической химии и генетики, пристальное внимание многих исследователей снова обращено к относительно простым, но эффективным, универсальным математическим методам описания свойств вещества, уже на расширенном базисе и в более продвинутой интерпретации. Такая стратегия теоретического изучения сложных систем в физике конденсированного состояния помогает делать вполне обоснованные выводы, обнаруживать общие принципы, скрывающиеся за разнообразием систем и свойств.

Общий подход можно сформулировать следующим образом. За основу берутся такие макроскопические параметры, как термодинамические коэффициенты (ТК), описывающие термические и механические свойства среды, линейная комбинация которых образует наиболее универсальную характеристику термодинамической системы – детерминант устойчивости D_y . Мы переопределяем их в терминах ангармонизма и далее, в отличие от базовой теории устойчивости термодинамического равновесия, рассматриваем в качестве переменных величин. Все это позволяет расширить масштаб описания системы и делать более точные оценки поведения системы при изменении термодинамических сил (T, P) и термодинамических координат (S, V).

Базовое положение теории устойчивости термодинамического равновесия [1, 2] гласит, что необходимым и достаточным условием однородного состояния системы является положительная комбинация конечных разностей соответствующих термодинамических переменных (T, P, S, V), связывающих два близких равновесных состояния. Эта комбинация определяет матрицу устойчивости, детерминант которой

$$\begin{vmatrix} \Delta T & \Delta P \\ \Delta V & \Delta S \end{vmatrix} = \Delta T \Delta S - \Delta P \Delta V > 0 \quad (1)$$

позволяет рассмотреть различные частные случаи равновесия фазы системы. В неравенстве (1) каждая конечная разность может быть представлена соответствующим рядом.

На основе матрицы устойчивости в качестве частного случая можно получить достаточное, но не необходимое условие устойчивости фазы. Удобно рассмотреть выражение (1) в переменных (S, V) , положив

$$\begin{aligned}\Delta T &\approx dT(S, V) = \left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_V dS + \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S dV, \quad \Delta S \approx dS, \\ \Delta P &\approx dP(S, V) = \left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V dS + \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_S dV, \quad \Delta V \approx dV.\end{aligned}\quad (2)$$

В результате подстановки (2) в (1) получаем квадратичную форму, детерминант которой D_y , называемый детерминантом устойчивости [1], по определению должен быть положительной величиной:

$$D_y = - \begin{vmatrix} \left(\frac{\partial T}{\partial S}\right)_V & \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S \\ \left(\frac{\partial P}{\partial S}\right)_V & \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_S \end{vmatrix} = \frac{\partial(T, -P)}{\partial(S, V)} > 0. \quad (3)$$

Можно показать [1–3, 5–8], что в диагональном представлении D_y , записанный через термодинамические производные, выражается в конечном виде через следующие коэффициенты:

$$D_y = \left(\frac{T}{C_p}\right) \cdot \left(\frac{K_S}{V}\right) = \left(\frac{T}{C_V}\right) \cdot \left(\frac{K_T}{V}\right). \quad (4)$$

В (4) ангармонизм содержится в скрытой форме. Опираясь на такие параметры, как $\alpha_p = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$ – изобарический коэффициент теплового

расширения – и параметр Грюнайзена $\gamma_G = \left(\frac{V}{C_V}\right) \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \left(\frac{V}{C_V}\right) P \beta_V$, где

$C_V = T \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V$ – изохорическая теплоемкость, $\beta_V = \frac{1}{P} \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$ – изохорический

коэффициент термического изменения давления, детерминант устойчивости выражается через параметры ангармоничности. Параметры γ_G и α_p характеризуют комплексное ангармоническое состояние системы и связаны соотношением Грюнайзена [5–8]

$$\gamma_G = \left(\frac{V}{C_V}\right) \alpha_p K_T, \quad (5)$$

где $K_T = V \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T$ – изотермический коэффициент упругости.

В терминах ангармонизма D_y приобретает вид [5–8]:

$$D_y = \frac{T}{V^2} \frac{\gamma_G}{\alpha_p}. \quad (6)$$

Очевидно, в общем случае параметры ангармонизма γ_G , α_p и давление зависят от температуры.

Так как D_y отвечает за фазовое равновесие термодинамической системы, приходим к выводу, что фазовое состояние определяется комплексной ангармоничностью. Это, в свою очередь, позволяет описывать фазовые превращения сложных систем непосредственно в терминах ангармонизма, смещающего равновесные состояния фаз.

Список литературы

1. Базаров И.П. Термодинамика / И.П.Базаров. – М.: «Высшая школа», 1991.
2. Семенченко В.К. Избранные главы теоретической физики / В.К.Семенченко. – М., «Просвещение», 1966.
3. Shelest V.V., Hristov A.V., Prokhorov A.Yu., Chervinskii D.A. JPMT, vol. 1, p. 40 (2015).
4. Шелест В.В., Христов А.В., Левченко Г.Г. ФНТ, т. 42, с. 644 (2016).
5. Шелест В.В., Христов А.В. Вестник Луганского Национального Университета им. В.Даля №2(4), Ч.1 с.133 (2017).
6. Шелест В.В., Червинский Д.А., Христов А.В. ФТВД, т. 27, №1, с. 117 (2017).
7. Шелест В.В., Христов А.В., Червинский Д.А. ФТВД, т. 28, №3, с. 54 (2018).
8. Шелест В.В., Христов А.В., Червинский Д.А. Вестник Луганского Национального Университета им. В.Даля №5(11), с.144 (2018).

УДК: 514.7; 514.74; 514.76; 517.1; 517.2; 536; 536.7; 536.71.

ВНЕШНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ ФОРМЫ В ТЕРМОДИНАМИКЕ

Шелест В.В., канд. физ.-мат. наук,
Червинский Д.А.

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк, ДНР
chervin@dfii.donbass.com

В рамках исчисления внешних дифференциальных форм получены основополагающие уравнения термодинамики и соотношения между термодинамическими коэффициентами, описывающими тепловые и механические свойства однородной системы. Известно, что исследовать свойства среды можно методами исчисления дифференциальных форм. Последние разделяются на прямые (стандартные) [1,2] и внешние [3-6]. Применение исчисления внешних дифференциальных форм в физике и, в частности, в термодинамике, позволяет расширить сферу применимости этого математического аппарата, по-новому взглянуть на общеизвестные

результаты и на базе этой методологии наметить пути для получения новых результатов.

Как математическая дисциплина, исчисление внешних дифференциальных форм было предложено Э.Картаном относительно недавно [3]. Являясь одним из необходимых инструментов дифференциального исчисления и дифференциальной геометрии, опираясь на более широкое понимание понятия векторного пространства, данная область науки помогает построить глубокую и адекватную модель реальности. На основе формализма внешних дифференциальных форм стандартные уравнения, связывающие дифференциалы различных термодинамических переменных, предстают в виде уравнений, связывающими 1- и 2-формы соответственно.

Стоит еще раз подчеркнуть, что в математическом смысле внешние дифференциальные формы имеют не менее, если не более, глубокий базис, чем стандартные дифференциальные формы. Авторы придерживаются мнения, что две ветви исчисления дифференциальных форм взаимно дополняют друг друга и позволяют глубже понять сущность физических законов.

Пусть однородная однокомпонентная система характеризуется следующими величинами: энтропией S , внутренней энергией U , объемом V и числом частиц N . Дифференциалы данных переменных в прямом дифференциальном исчислении связаны посредством первого и второго начала термодинамики [1, 2]. Коэффициентами в данном соотношении выступают интенсивные переменные: температура T , давление P и химический потенциал μ . В контексте исчисления внешних дифференциальных форм вид данного основного уравнения формально остается прежним при замене оператора прямого дифференцирования d на внешний дифференциал $\tilde{d}$ [3-6]:

$$T\tilde{d}S = \tilde{d}U + P\tilde{d}V - \mu\tilde{d}N \quad (1)$$

Выражение (1) – комбинация 1-форм. Коэффициенты при внешних дифференциалах – это 0-формы (функции).

Действуя на уравнение (1) оператором внешнего дифференцирования, с учетом правил оперирования с внешними дифференциалами [3-6], получим основное уравнение термодинамики в рамках исчисления внешних дифференциальных форм [3-6]:

$$\tilde{d}T \wedge \tilde{d}S = \tilde{d}P \wedge \tilde{d}V - \tilde{d}\mu \wedge \tilde{d}N \quad (2)$$

анное уравнение связывает 2-формы и, как и в стандартном дифференциальном исчислении, описывает тепловые, механические и связанные с изменением числа частиц свойства системы.

В работах [4-6] продемонстрирована эффективность используемого математического аппарата, в частности, при оперировании уравнением (2).

Упростим задачу, положив $N = const$. Демонстрируя эффективность методологии исчисления внешних дифференциальных форм, по аналогии с

[3] и в отличие от [4-6], поступим следующим образом. Для получения важных термодинамических соотношений будем использовать не 2-формы, а 1-формы. Тогда, умножая (1) на $1/T$, подействуем на полученное соотношение оператором внешнего дифференцирования $\tilde{d}$ и получим уравнение, связывающее соответствующие 2-формы, которое при умножении на T^2 приобретает вид

$$0 = -\tilde{d}T \wedge \tilde{d}U + T\tilde{d}P \wedge \tilde{d}V - P\tilde{d}T \wedge \tilde{d}V \quad (3)$$

Для решения этого уравнения за независимые переменные примем (T, V) . Тогда 0-формами предстанут функции $U = U(T, V)$ и $P = P(T, V)$, из которых получаем 1-формы $\tilde{d}U = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V \tilde{d}T + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T \tilde{d}V$ и $\tilde{d}P = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \tilde{d}T + \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T \tilde{d}V$.

После подстановки полученных 1-форм в уравнение (3) с учетом правил обращения с внешними дифференциальными формами [3-6] приходим к следующему соотношению:

$$0 = -\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T \tilde{d}T \wedge \tilde{d}V + T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \tilde{d}T \wedge \tilde{d}V - P\tilde{d}T \wedge \tilde{d}V \quad (4)$$

Поскольку 2-форма $\tilde{d}T \wedge \tilde{d}V \neq 0$, то из последнего уравнения непосредственно следует известное в термодинамике соотношение [1]

$$P + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \quad (5)$$

Если использовать аналогичную схему расчета, умножив уравнение (1) на $1/P$, то, взяв за независимые переменные, например, (S, V) или (S, T) , можно получить другие известные соотношения.

Кроме того, на базе основного уравнения (1), используя другие термодинамические потенциалы, можно с применением техники внешних дифференциальных форм по приведенной здесь, а также альтернативным [3-6] схемам получить соответствующие связи между термодинамическими производными. Получение подобного рода результатов с использованием 2-форм продемонстрировано в статьях [4-6].

Таким образом, на примере термодинамики продемонстрирована эффективность исчисления внешних дифференциальных форм, которое, по мнению авторов, должно найти себе применение во многих областях физики.

Список литературы

1. Базаров И.П. Термодинамика / И.П.Базаров. – М.: Высшая школа, 1991. – 376 с.
2. Задачи по термодинамике и статистической физике. Под ред. П.Ландсберга. – М.: Мир, 1974. – 640 с.
3. Шутц Б. Геометрические методы математической физики / Б.Шутц. – М.: Мир, 1984. – 304 с.

4. Shelest V.V. Thermodynamic Potential Theory Aspects in External Differential Forms Calculus Representation / V.V.Shelest, A.V.Hristov, D.A.Chervinskii // Journal of Photonic Materials and Technology. – Vol. 3, No. 2, 2017, pp. 6-13.
5. Шелест В.В. Применение исчисления внешних дифференциальных форм в термодинамике. Часть 1. Основные положения термодинамики и теория потенциалов в представлении исчисления внешних дифференциальных форм. ФТВД / В.В.Шелест, А.В.Христов, Д.А.Червинский. – 2017. – 27, №4. – С.5-49.
6. Шелест В.В. Применение исчисления дифференциальных форм в термодинамике. Часть 2. Определение соотношений между термодинамическими коэффициентами на основе исчисления внешних дифференциальных форм. ФТВД / В.В.Шелест, Д.А.Червинский. – 2018 (в печати).

УДК 537.9

УПРАВЛЕНИЕ НЕОДНОРОДНЫМ СОСТОЯНИЕМ В ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНКАХ $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_{3-\delta}$

Эфрос Н.Б., Корнеевец А.С.,

Николаенко Ю.М., канд. физ.-мат. наук, ст. научн. сотр.

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР
bashacatl@gmail.com

Введение. Многие характерные особенности эволюции магнитных и магнитно-транспортных характеристик допированных манганитов вдали от температуры магнитных и структурных переходов (в парамагнитной (ПМ) области) в настоящее время часто интерпретируются с точки зрения спонтанно возникающего неоднородного состояния, которое характеризуется наличием ферромагнитных (ФМ) кластеров в ПМ-матрице. Такая двухкомпонентная система называется фазой, подобной фазе Гриффитса (см., напр., обзор [1]). Фазовая сепарация в такой системе происходит за счет локализации электронов на ионах Mn с образованием пространственно разделенных ФМ-кластеров. Условием фазовой сепарации является пространственно распределенный потенциал в виде «замороженного структурного беспорядка», сформированного при синтезе соединений с набором дефектов в виде атомов замещения, катионных и анионных вакансий.

В соответствии с выводами работы [1] лантан-стронциевые манганиты следует отнести к анизотропно-доминирующим системам. Для этих систем температурный интервал существования фазы Гриффитса относительно мал. Эффект колоссального магнитосопротивления (КМС) в данном случае, в принципе, можно объяснить простым смещением температуры фазового перехода T_C под действием внешнего магнитного поля. Имея в виду тот факт, что механизм формирования «замороженного беспорядка» в лантан-кальциевой системе осуществляется в основном за счет замещения катионов атомами с отличающимся ионным радиусом,

следует полагать, что изменение концентрации более грубых дефектов – вакансий кислорода в лантан-стронциевой системе – также будет формировать неоднородное состояние. Причем управлять этим неоднородным состоянием можно обратимо без изменения катионного состава химического соединения. В этом отношении лантан-стронциевая система является наглядной для моделирования и изучения следствий «замороженного беспорядка».

Кислородное содержание прямо влияет на концентрацию носителей заряда. Во время отжига КС пленки можно изменять в сторону как увеличения, так и уменьшения, варьируя парциальное давление кислорода в газовой среде [2-5]. Наиболее подробно этот вопрос изучен для соединения $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_{3-\delta}$, для которого удалось сопоставить положение температурного максимума сопротивления, близкого к T_C , с величиной кислородного индекса [2,6]. При отсутствии кислородного дефицита пленки $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_{3-\delta}$ характеризуются металлической проводимостью ($\sim 10^3 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ в точке температурного минимума) и высоким значением $T_C \approx 360$ К. Дефицит кислорода уменьшает концентрацию носителей заряда, что понижает проводимость и ослабляет механизм двойного обмена. В результате точка Кюри T_C смещается в область низких температур. С другой стороны, при фиксированном уровне допирования Sr^{2+} рост кислородного дефицита приводит к монотонному увеличению количества дефектных кристаллических ячеек. При этом возникает дополнительная деформационная составляющая потенциала, которая переформатирует пространственные флуктуации и способствует локализации электронов на ионах Mn, т.е. формирует неоднородное состояние.

Целью данной работы является выяснение особенностей фазового перехода и явления КМС в неоднородном состоянии, вызванном отклонением от стехиометрического состава по кислороду эпитаксиальных LSMO-пленок, полученных магнетронным методом. **Актуальность** исследований обусловлена как фундаментальным аспектом, связанным с пониманием формирования «замороженного беспорядка» и его влияния на транспортные характеристики, так и с перспективой технического применения пленочных структур.

Результат. Изготовлены высококачественные эпитаксиальные LSMO-пленки на монокристаллических подложках SrTiO_3 (001) и исследованы их магниторезистивные характеристики при различном содержании кислорода, включая кислороддефицитное и кислородизбыточное состояния. Кислородное содержание в материале пленки контролировали, исходя из взаимозависимости значений кислородного индекса δ и температуры фазового перехода T_C . Обнаружен гистерезис температурной зависимости сопротивления, который регистрируется в окрестности температуры фазового перехода T_C при небольшом отклонении КС

материала пленки от стехиометрического состава как в большую, так и в меньшую сторону. Природа гистерезиса объясняется различными пространственными реализациями системы, неоднородной по магнитным и электрическим свойствам.

Установлено, что эффект КМС в LSMO-пленках с кислородным содержанием, близким к стехиометрическому, наблюдается в относительно узкой области температур, что согласуется с существующими литературными данными. Максимальная величина MR в поле $H_0 = 15$ kOe характеризуется величиной $\sim 30\%$, а ширина температурной области наблюдения магниторезистивного эффекта на уровне 0.5 от максимального значения составляет около $\Delta T/T_C = 9\%$. В кислороддефицитном состоянии LSMO-пленки по мере уменьшения КС максимальная величина КМС изменяется мало. При этом ширина области наблюдения эффекта постепенно растет, и при $\delta \approx 0.075$ на уровне 0.5 кривая MR(T) характеризуется температурным интервалом $\Delta T/T_C \approx 50\%$. Существование явления КМС в кислороддефицитной пленке в столь широкой области температур объясняется наличием неоднородного состояния материала пленки в виде фазы, подобной фазе Гриффитса. Характерный масштаб неоднородного двухфазного состояния материала пленки, вызванный «замороженным беспорядком», растет по мере уменьшения КС. По этой причине в кислороддефицитной пленке неоднородное состояние существует не только в области $T > T_C$, но и в некотором интервале $T < T_C$.

Список литературы

- Криворучко В.Н. Фаза Гриффитса и переход металл–диэлектрик в замещенных манганитах (Обзор) // Физика низких температур. – 2014. – Т. 40, N 7. – С. 756-774.
- Варюхин, В.Н., Медведев, Ю.В., Николаенко, Ю.М., Мухин, А.Б., Беляев, Б.В., Грицких, В.А., Жихарев, И.В., Кара-Мурза, С.В., Корчикова, Н.В., Тихий, А.А. Проводимость $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_{3-\delta}$ пленок при малых отклонениях от стехиометрического состава по кислороду // Письма в ЖТФ. – 2009. – Т. 35, N 20. – С. 19–26.
- Nikolaenko, Yu.M., Varyukhin, V.N., Medvedev, Yu.V., Efros, N.B., Zhikharev, I.V., Kara-Murza, S.V., Tikhii, A.A. Optimum oxygen content in $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ thin films // ArXiv: arXiv:1111.7180v1 [cond-mat.mtrl-sci]. – 2011.
- Kuo, J.H., Anderson, H.U., Sparlin, D.M. Oxidation-reduction behavior of undoped and Sr-doped LaMnO_3 nonstoichiometry and defect structure // Journal of Solid State Chemistry. – 1989. – V. 83, N 1. – P. 52–60.
- Sun, J.R., Yeung, H.W., Wong, H.K., Zhu, T., Shen, B.G. Effects of vacuum annealing on the transport property of $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_{3-\delta}$ films // Eur. Phys. J. B. – 2003. – V. 35, N 4. – P. 481–491.
- Байков, Ю.М., Никулин, Е.И., Мелех, Б.Т., Егоров, В.М. Проводимость, магнетосопротивление и теплоемкость кислород-дефицитного $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_{3-\alpha}$ ($0 \leq \alpha \leq 0.16$) // ФТТ. – 2004. – Т. 46, N 11. – С. 2018–2024.

Радиофизика и инфокоммуникационные технологии

УДК 004.65

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ БАЗ ДАННЫХ

Бабичева М.В., Бааджи А.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
m.v.babicheva60@gmail.com

Введение. Развитие информационных технологий в настоящее время происходит очень динамично. Практически для любой области бизнеса, финансовой и хозяйственной деятельности имеется специальное программное обеспечение, автоматизирующее и упрощающее работу [1, 2]. В Донецком национальном университете имеется множество подобного программного обеспечения, включая общеуниверситетскую базу данных, в которой хранится информация по студентам и преподавателям, но доступ к ней ограничен. Сотрудникам кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий приходится собирать, хранить и обрабатывать большое количество информации конфиденциального характера (номера и серии паспортов, идентификационные коды, домашние адреса, телефоны и т. п.).

Предметом исследования является процесс создания информационной системы для хранения и обработки личных данных на персональном компьютере и защиты этих данных от несанкционированного доступа.

Актуальность (социальная значимость) Личные данные студентов и преподавателей хранятся в обычных файлах docx pdf или xlsx, на компьютере методиста, к которому имеет доступ множество людей, поскольку к этому компьютеру подключен один из немногих, имеющихся на кафедре принтеров. Таким образом, весьма актуальной является задача разработки и внедрения защищенной базы данных для хранения конфиденциальной информации.

Целью данной работы является анализ современных методов защиты конфиденциальных данных от несанкционированного доступа и создание компактной, простой в использовании базы личных данных студентов и преподавателей кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий.

Для исследования используются следующие **методы**: эмпирического уровня: анкетирование, опрос, тестирование, экспериментально-теоретического уровня: эксперимент, анализ и синтез, индукция и дедукция. Для реализации поставленной цели был проведен ряд компьютерных экспериментов, разработана методика защиты данных.

Результат. Создана защищенная база данных с применением современного средства разработки приложений Embarcadero Rad Studio10.2 [3].

В ней реализованы все основные аспекты современных баз данных, в том числе язык запросов SQ [4]. Рассмотрены атаки и методы обхода защиты в современных системах управления базами данных, произведен анализ методов защиты конфиденциальных данных от несанкционированного доступа. В итоге были выбраны следующие адекватные меры защиты: пароль на учётную запись ОС Windows, создание криптоконтейнера, «Дайджест-аутентификация»[5], защита паролем сервера СУБД Firebird. После детального полугодового тестирования программное обеспечение будет внедрено на кафедре радиофизики и инфокоммуникационных технологий для использования методистом.

В **заключении** надо отметить, что, организованная авторами комплексная многоуровневая защита баз данных может быть рекомендована для внедрения на предприятиях малого бизнеса и государственных структурных подразделениях на основе требований Закона № 61-ІНС «О персональных данных» ДНР.

Список литературы

1. Кузнецов С Д. Крупные проблемы и текущие задачи исследований в области баз данных [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.citforum.ru/database/articles/problems/> (дата обращения: 29.08.18).
2. Фленов М. Безопасность баз данных предприятия, [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.vr-online.www.cydsoft.com/russia> (дата обращения: 29.08.18).
3. Jim Gray. The Revolution in Database Architecture. Microsoft Research, March 2004, Technical Report MSR-TR-2004-31, [Электронный ресурс]. – URL: <ftp://ftp.research.microsoft.com/pub/tr/TR-2004-31.pdf> (дата обращения: 29.08.18).
4. Embarcadero Documentation Wiki, [Электронный ресурс]. – URL: <http://docwiki.embarcadero.com/> (дата обращения: 29.08.18).
5. Хэш-функция Кессак и конструкция Sponge как универсальный криптопримитив / openPGP в России, [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.pgpru.com/biblioteka/statji/keccak.sponge/> (дата обращения: 29.08.18).

УДК 621.375

ФОРМИРОВАТЕЛЬ РАДИОИМПУЛЬСОВ

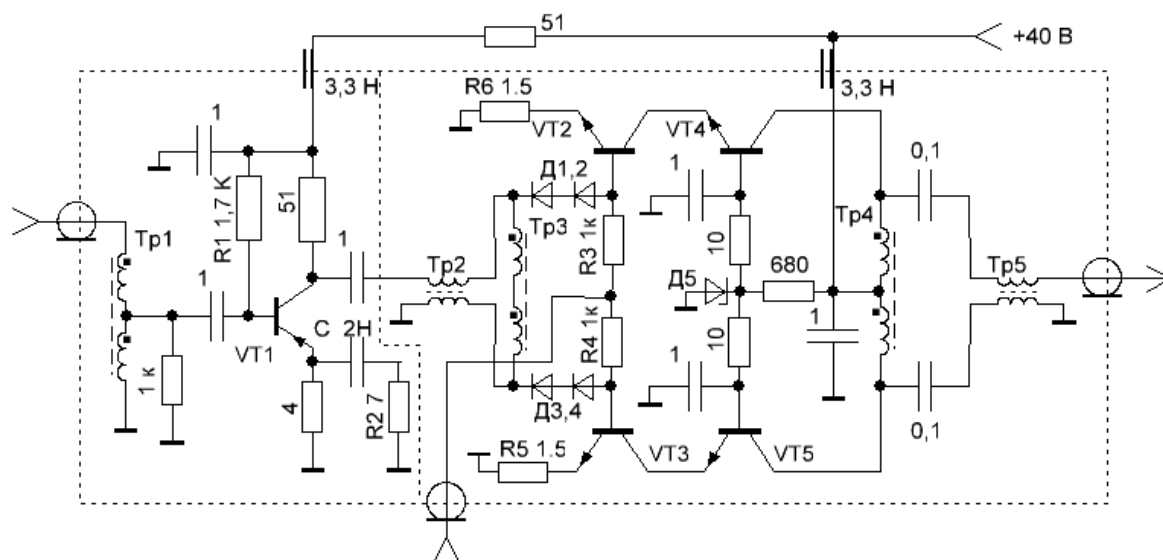
Белик Т.В., Данилов В.В., д-р техн. наук, профессор
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

Введение. Формирователь радиоимпульсов предназначен для работы в составе автоматизированной системы научных исследований, в частности, измерения скорости и затухания акустических колебаний в твердом теле. Для обеспечения высокой разрешающей способности формирователь должен иметь малые нелинейные искажения синусоидального заполняющего сигнала и минимальную паразитную

модуляцию прямоугольной огибающей [1]. С учетом сказанного разработано и создано описываемое устройство.

Одним из решения проблемы повышения производительности вычислительных средств, связывают с непрерывным поиском материалов оптоэлектроники, позволяющих создать быстродействующие лазерные устройства обработки сигналов, памяти, трансформации изображений и др. [2].

Целью работы, является разработка формирователя радиоимпульсов, предназначенного для возбуждения электроакустического преобразователя, генерирующего мощные зондирующие акустические импульсы.



Принципиальная схема устройства представлена на рисунке, используются транзисторы $VT1...VT5$ КТ913. Колебания радиодиапазона подаются на согласующий трансформатор $Tr1$ и далее на базу транзистора $VT1$. Цепочка $R2C$ предназначена для коррекции частотной характеристики устройства в целом. С коллектора транзистора колебания подаются на симметрирующий трансформатор $Tr3$, который формирует противофазные напряжения на базах транзисторов $VT2$ и $VT3$, симметрично относительно общего провода. Диоды $D1 - D4$ предназначены для коммутации и выполняют несколько функций. Они являются ключами, пропускающими сигнал на базы $VT2$, $VT3$ только при наличии положительного потенциала на управляющем входе устройства. В закрытом состоянии диодов проникание колебаний на базы $VT2$, $VT3$ обусловлено только паразитной емкостью и весьма мало. Далее, падение напряжения на диодах при воздействии видеоимпульса управления приводит к открыванию транзисторов $VT2 - VT5$. Такая двухступенчатая модуляция способствует очень глубокому подавлению сигнала в паузах между импульсами. В это время на выходе формирователя отсутствуют даже шумы транзисторов, поскольку последние заперты.

При воздействии управляющего видеоимпульса коллекторный ток входных транзисторов достигает 0,5 А и рабочая точка смещается в

область режима А, что способствует значительному снижению нелинейных искажений колебаний и расширению частотного диапазона устройства.

Применение каскодной схемы включения транзисторов дополнительно повышает линейность амплитудной и частотной характеристик прибора.

Кроме перечисленных выше функций, диоды $Д1 - Д4$, совместно с резисторами $R5, R6$ осуществляют температурную стабилизацию режима выходного каскада. Резисторы $R5, R6$ способствуют также расширению частотного диапазона усилителя.

Минимизация проникания управляющего сигнала на выход формирователя достигается симметрированием оконечного каскада с помощью резисторов $R3, R4$. Противофазные колебания, усиленные выходными транзисторами через трансформаторы $Tr4$ и $Tr5$ подаются к несимметричной нагрузке.

Частотные свойства формирователя наравне с транзисторами, определяются качеством изготовления трансформаторов. В данном устройстве применены трансформаторы типа «длинной линии» [3]. Конструктивно каждый из них выполнен в виде отрезка коаксиального кабеля, намотанного на кольцевой магнитопровод (феррит 400НН, типоразмер К20х10х5), причем в трансформаторах $Tr4, Tr5$ использовано по два таких кольца. Оплетка кабеля является одной из обмоток трансформатора, центральный проводник — другой, начала обмоток отмечены на схеме точками. Трансформаторы $Tr3, Tr5$ содержат по 10 витков кабеля РК50-1,5-22 с волновым сопротивлением 50 Ом, остальные по 6 витков экранированного провода МГТФЭ 3х0,14 с волновым сопротивлением 25 Ом, все три внутренних проводника которого соединены параллельно.

Транзисторы усилителя установлены на радиаторе. Во избежание повреждения транзисторов от превышения рассеиваемой мощности следует ограничивать минимальное значение скважности управляющих импульсов до 3. При понижении напряжения питания до 22 В формирователь работает как усилитель в непрерывном режиме. Для этого на вход управления подается потенциал 0 вольт. Амплитуда выходного напряжения в таком режиме достигает 20 В. Следует отметить, что применение в усилителе-формирователе более высокочастотных транзисторов, например КТ913, позволит по крайней мере вдвое повысить верхнюю границу частотного диапазона устройства [4].

Основные технические характеристики формирователя [5]: диапазон частот входных синусоидальных колебаний 0,1 – 100 МГц; коэффициент усиления 36 дБ; неравномерность частотной характеристики в полосе пропускания - 3 дБ; максимальная амплитуда выходного радиоимпульса 50 В; сопротивление нагрузки 50 Ом; входное

сопротивление 50 Ом; амплитуда управляющего видеоимпульса 4...20 В; входное сопротивление цепи управления, порядка 500 Ом; подавление сигнала в паузе, более 80 дБ; напряжение питания +40 В.

Список литературы

1. Ефимович А.П. Нагрузочная цепь для широкополосного СВЧ усилителя мощности класса F3 / А.П.Ефимович, Т.С.Тебенева, В.В.Данилов, В.А.Ступак // Материалы VI всероссийской научно-технической конференции «Электроника и микроэлектроника СВЧ» 29 мая-1 июня 2017 г., Россия, Санкт-Петербург. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017. – С.465-469.
2. Петров В.В. Материалы перспективных оптоэлектронных устройств / В.В.Петров, А.А.Крючин, В.М.Рубиш. – Киев: Наукова думка. –2012.
3. Ефимович А.П. Рекомендации для получения высокого КПД усилителя с учетом влияния выходной емкости активного элемента и активных потерь в нагрузочной цепи/ А.П.Ефимович, И.А.Третьяков, Г.В.Мазаев, В.В.Данилов // Вестник ДонНУ. А: Естественные науки. – 2017. – №1. – С. 27-32.
4. Ефимович А.П. Компенсация паразитных элементов транзистора с настройкой импедансов на гармониках / А.П. Ефимович, В.Г. Крыжановский // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2014. – №1. – С.3-10.
5. Ефимович А.П. Разработка компенсирующей нагрузочной цепи для усилителя на частоту 400 МГц / А.П. Ефимович // Материалы 9-й международной молодежной научно-технической конференции «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций (РТ-2013)». – Севастополь: СевНТУ, 2013. – С.40.

УДК 004.386,535.8

ОПТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРЕДАЧИ ПРОСТРАНСТВА

Гмыря В.А, Данилов В.В., д-р техн. наук, профессор
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

Время обработки информации в оптических системах определяется скоростью распространения электромагнитных волн. Оптические системы обработки, являются вычислительными машинами реального времени.

Цель работы, доказательство существования радиоэлектронных аналогов в оптических системах, и как следствие, более быстрое овладение оптическими информационными технологиями.

Скалярное волновое уравнение $\nabla^2 u - \frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0$, позволяет найти поле в произвольной точке пространства. Под величиной u понимают различные компоненты электрического или магнитного поля, векторного или скалярного потенциала. Если величина u изменяется во времени по гармоническому закону $u = Ue^{-i\omega t}$, то волновое уравнение преобразуется к

виду $\nabla^2 U + k^2 U = 0$, $k = \frac{\omega}{c}$, где U – амплитуда, являющаяся функцией пространственных координат. Решениями этого уравнения являются те, которые описывают однородную плоскую волну $u = U_0 e^{-i\vec{k}\vec{r}} = U_0 e^{-i(k_x x + k_y y + k_z z)}$, $U_0 = \text{const}$, где $\vec{k}$ – волновой вектор; $\vec{r}$ – радиус-вектор, k_x ; k_y ; k_z проекции вектора $\vec{k}$ на оси x ; y ; z , соответственно. Волновое уравнение в декартовой системе координат имеет вид $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} + k^2 U = 0$. Общее его решение найдем при

условии, что поле в плоскости xoy , известно. Будем предполагать, что в произвольных плоскостях I и II пространства размещаются транспаранты, линзы, диафрагмы и т. п. В соответствии с геометрией структуры, поле на выходе одного оптического элемента в плоскости I известно. Определим поле на входе следующего элемента, помещенного в плоскости II , т.е. пространство, заключенное между двумя параллельными плоскостями, предполагается рассматривать как четырехполюсник, имеющий вход и выход. Входное воздействие будет описываться функцией $U(x, y, 0)$, а реакция, соответственно, $U(x, y, z)$. Переменная z рассматривается как параметр, характеризующий слой пространства. Для решения $\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} + k^2 U = 0$, воспользуемся двумерным преобразованием Фурье. Известно [1], что прямое преобразование Фурье (ППФ) функции $U(x, y, z)$, дает двумерную спектральную плотность, зависящую от двух частот ω_1 и ω_2 ,

$$G(\omega_1, \omega_2, z) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} U(x, y, z) e^{-i(\omega_1 x + \omega_2 y)} dx dy.$$

Реализовав обратное преобразование Фурье (ОПФ), по спектральной плотности найдем функцию координат

$$U(x, y, z) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} G(\omega_1, \omega_2, z) e^{i(\omega_1 x + \omega_2 y)} d\omega_1 d\omega_2.$$

Для практического использования этих преобразований, умножим волновое уравнение

$$\frac{\partial^2 U(x, y, z)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U(x, y, z)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U(x, y, z)}{\partial z^2} + k^2 U(x, y, z) = 0,$$

на $e^{-i(\omega_1 x + \omega_2 y)}$ и проинтегрируем по x и y в бесконечных пределах. Произведем вычисления интеграла

$$I = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\partial^2 U(x, y, z)}{\partial x^2} e^{-i(\omega_1 x + \omega_2 y)} dx dy.$$

Представим его в виде

$$I = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\omega_2 y} \left(\int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\omega_1 x} d \frac{\partial U(x, y, z)}{\partial x} \right) dy,$$

и используем формулу интегрирования по частям:

$$I = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\omega_2 y} \left(e^{-i\omega_2 y} \left(e^{-i\omega_1 x} \frac{\partial U(x, y, z)}{\partial x} \right) \Big|_{-\infty}^{\infty} + i\omega_1 \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\omega_1 x} \frac{\partial U(x, y, z)}{\partial x} \right) dy.$$

Допустим, $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\partial U(x, y, z)}{\partial x} = 0$, $\lim_{x \rightarrow -\infty} \frac{\partial U(x, y, z)}{\partial x} = 0$, и произведем

интегрирование по частям

$$I = i\omega_1 \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\omega_2 y} \left(\int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\omega_1 x} \frac{\partial U(x, y, z)}{\partial x} dx \right) dy = i\omega_1 \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\omega_2 y} \left(\int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\omega_1 x} dU(x, y, z) \right) dy,$$

интегрируем по частям еще раз,

$$I = i\omega_1 \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\omega_2 y} \left(e^{-i\omega_1 x} U(x, y, z) \Big|_{x=-\infty}^{\infty} + i\omega_1 \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\omega_1 x} U(x, y, z) dx \right) dy.$$

Пусть $\lim_{x \rightarrow \infty} U(x, y, z) = \lim_{x \rightarrow -\infty} U(x, y, z) = 0$, а также учитывая формулу

$\nabla^2 U + k^2 U = 0$, получим, что $I = -\omega_1^2 G(\omega_1, \omega_2, z)$. В [2] показано, что

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\partial^2 U(x, y, z)}{\partial y^2} e^{-i(\omega_1 x + \omega_2 y)} dx dy = -\omega_2^2 G(\omega_1, \omega_2, z).$$

Тогда волновое уравнение можно представить в виде выражения:

$$-\omega_1^2 G(\omega_1, \omega_2, z) - \omega_2^2 G(\omega_1, \omega_2, z) + \frac{d^2 G(\omega_1, \omega_2, z)}{dz^2} + k^2 G(\omega_1, \omega_2, z) = 0,$$

или

$$\frac{d^2 G(\omega_1, \omega_2, z)}{dz^2} + (k^2 - \omega_1^2 - \omega_2^2) G(\omega_1, \omega_2, z) = 0. \quad (1)$$

Представленная спектральная плотность от параметра z , это обыкновенное дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами, его решением является выражение вида [2]:

$$G(\omega_1, \omega_2, z) = C_1(\omega_1, \omega_2) e^{i\sqrt{k^2 - \omega_1^2 - \omega_2^2} z} + C_2(\omega_1, \omega_2) e^{-i\sqrt{k^2 - \omega_1^2 - \omega_2^2} z}, \quad (2)$$

где C_1 и C_2 – постоянные интегрирования, не зависящие от z , но могут зависеть от частот ω_1 и ω_2 , которые определяются из граничных условий.

В выражении (2), первый компонент описывает прямую волну, а второй, обратную. При распространении волны в однородной среде, второй член равен нулю, т.е. $C_2 = 0$ и

$$G(\omega_1, \omega_2, z) = C_1(\omega_1, \omega_2, 0) e^{i\sqrt{k^2 - \omega_1^2 - \omega_2^2} z}. \quad (3)$$

Найдем постоянную $C_1(\omega_1, \omega_2)$. Известно поле при $z=0$, т. е. функция $U(x, y, 0)$, а следовательно и ее двумерная спектральная плотность равна $G(\omega_1, \omega_2, 0)$. Из выражения (3) при $z=0$ находим $C_1(\omega_1, \omega_2) = G_1(\omega_1, \omega_2, 0)$. Следовательно,

$$G(\omega_1, \omega_2, z) = G(\omega_1, \omega_2, 0) e^{i\sqrt{k^2 - \omega_1^2 - \omega_2^2} z} \quad (4)$$

Выражение (4) показывает, что для определения спектральной плотности выходного сигнала $G(\omega_1, \omega_2, z)$ нужно спектральную плотность входного сигнала $G(\omega_1, \omega_2, 0)$ умножить на функцию двух частот:

$$K(\omega_1, \omega_2) = e^{i\sqrt{k^2 - \omega_1^2 - \omega_2^2} z}. \quad (5)$$

Выражение (5) в радиоэлектронике имеет смысл комплексного коэффициента передачи четырехполосника. В таком случае, пространство, заключенное между двумя параллельными плоскостями (слой пространства) ведет себя как четырехполосник с коэффициентом передачи, определяемым формулой (5). Применяя к формуле (4) ОПФ, получаем выходной сигнал

$$U(x, y, z) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} G(\omega_1, \omega_2, 0) e^{i\sqrt{k^2 - \omega_1^2 - \omega_2^2} z} \times e^{i(\omega_1 x + \omega_2 y)} d\omega_1 d\omega_2. \quad (6)$$

И так, для нахождения поля в произвольной точке x, y, z пространства по заданному его распределению в плоскости $z=0$ пространства, необходимо, сначала, определить двумерную спектральную плотность заданного поля, потом, умножить ее на коэффициент передачи слоя пространства, определяемый выражением (5), и далее, от полученной функции взять обратное преобразование Фурье.

Таким образом, проведенное рассмотрение позволяет утверждать справедливость вводимого принципа радиоэлектронных аналогий в оптических системах обработки, а также, о развитии представлений оптических информационных технологий.

Список литературы

1. Парыгин В.Н. Оптическая обработка информации / В.Н.Парыгин, В.И.Балакший. – Москва: Изд. МГУ, 1987.
2. Папулис А. Теория систем и преобразований в оптике. / А.Папулис // Перевод с англ., под ред. В.И.Алексеева. – Москва, «Мир». – 1971.

ПЕРЕХОД ОТ BIOS К UEFI, С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Костенков В.С., Бабичева М.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
vlad.kostenkov2016@yandex.ru

Введение. Имеющейся дефекты в алгоритме работы BIOS на различных этапах его работы предоставляют возможность обхода существующих механизмов контроля и защиты прошивки с целью несанкционированного доступа к данным или удалённому управлению операционной системой. Такие ошибки в работе микропрограмм называются бэкдорами.

Актуальность (социальная значимость) определяется возросшим в последние годы спросом на шпионаж у различного рода организаций и структур с целью получения информации и материальной выгоды. Это порождает необходимость в защите передовых научно-технических разработок.

Примерами такой защиты на уровне государства являются следующие решения на уровне правительственных органов и государства, в целом:

1. Указ экс-президента США, Барака Обамы, о запрете закупок компьютерного и коммуникационного оборудования иностранного производства для правительственных учреждений и НАСА;
2. Разработка американским агентством DAPRA продукта, который позволит проверять оборудование на наличие предустановленных закладок;
3. Разработка и внедрение альянсом компаний «UEFI Forum» более сложных подходов по обеспечению информационной безопасности на уровне взаимодействия аппаратной части с операционной системой.

Целью данной работы выступает исследование и обобщение научных положений о тенденциях в развитии вирусного ПО, целью атаки которых является BIOS, механизмах доступа к данным на диске, и технологиях обеспечения защиты системы на основе различных интерфейсов компьютерной прошивки.

Для исследования используются следующие **методы**: общенаучные – анализ, синтез, индукция, дедукция. Принципы: объективности, аксиологического подхода.

Результат. При построении системы информационной безопасности на уровне государства рекомендуется организация производства отечественных компонентов вычислительных комплексов и собственная

разработка микропрограмм, реализующих взаимодействие аппаратной части с ОС. В случае, если это не представляется возможным, то необходимо особое внимание уделить компьютерным комплектующим, а именно: изучению поставщика используемого оборудования, его мотивов и возможностей по внедрению в продукт различного рода бэкдоров, проверке на актуальность установленной версии прошивки BIOS и формата размещения таблиц разделов на жёстком диске. Помимо этого, рекомендуются к использованию только сертифицированные программные продукты и своевременная установка обновлений системного и прикладного ПО.

В заключении стоит отметить, что оптимальными средствами по противодействию описанной угрозе, по мнению автора, являются:

1. Использование новейшего формата размещения таблиц разделов на жёстком диске современными методами;
2. Своевременная установка обновлений системного и прикладного ПО;
3. Перепрошивка устаревшей версии BIOS;
4. Использование сертифицированных программных продуктов.

Список литературы

1. “Bioskits” Join Ranks of Stealth Malware [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://securingtomorrow.mcafee.com/mcafee-labs/bioskits-join-ranks-of-stealth-malware/> (дата обращения: 02.08.18).
2. Hardware Backdooring is practical Jonathan Brossard (Toucan System) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://media.blackhat.com/bh-us-12/Briefings/Brossard/BH_US_12_Brossard_Backdoor_Hacking_Slides.pdf (дата обращения: 06.08.18).
3. Unified Extensible Firmware Interface Specification [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.uefi.org/sites/default/files/resources/UEFI%20Spec%202_6.pdf (дата обращения: 07.08.18).
4. DoublePulsar Initial SMB Backdoor Ring 0 Shellcode Analysis [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zerosum0x0.blogspot.com/2017/04/doublepulsar-initial-smb-backdoor-ring.html> (дата обращения: 15.08.18).
5. EternalBlue – Everything There Is To Know [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://research.checkpoint.com/eternalblue-everything-know/> (дата обращения: 18.08.18).
6. Описание и противодействие вирусу WannaCry (WCry) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://electroprog.ru/overview_wannacry_how_it/ (дата обращения: 20.08.18).

СКОЛЬЖЕНИЕ ДИСЛОКАЦИЙ В СОСТАРЕННЫХ СПЛАВАХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ

*Малашенко В.В.^{1,2}, д-р физ.-мат. наук, профессор,
Малашенко Т.И.², Ачкасов А.Н.¹*

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР
ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР
malashenko@donfti.ru

Воздействие лазерных импульсов высокой мощности является эффективным методом улучшения механических свойств функциональных материалов [1]. В ходе этих процессов скорость пластической деформации достигает значений $10^3 - 10^5 \text{ s}^{-1}$, а изменение механических свойств кристаллов определяется главным образом движением дислокаций и их взаимодействием с элементарными возбуждениями кристалла и потенциальными барьерами, создаваемыми различными дефектами структуры. При этом дислокации движутся со скоростями $v \geq 10^{-2} c$, где c – скорость распространения поперечных звуковых волн в кристалле, и преодолевают эти барьеры без помощи тепловых флуктуаций. Это так называемая динамическая область скоростей. Механизм диссипации при динамическом взаимодействии со структурными дефектами заключается в необратимом переходе кинетической энергии дислокации в энергию ее изгибных колебаний в плоскости скольжения [2–6]. Этот механизм весьма чувствителен к виду спектра дислокационных колебаний. Примесные атомы, распределенные в виде твердого раствора, и зоны Гинье-Престона затрудняют движение дислокаций, что значительно повышает внешние напряжения, необходимые для пластической деформации сплава. В настоящей работе показано, что совместное воздействие на дислокацию таких дефектов при определенных условиях приводит к возникновению эффекта сухого трения дислокации и выполнены численные оценки вклада этого эффекта в величину деформирующих напряжений.

Пусть бесконечная краевая дислокация совершает скольжение под действием постоянного внешнего напряжения σ_0 в положительном направлении оси OX с постоянной скоростью v в плоскости XOZ . Кристалл содержит хаотически распределенные точечные дефекты и зоны Гинье-Престона. Зоны Гинье-Престона будем считать одинаковыми, имеющими радиус R и распределенными случайным образом в плоскостях параллельных плоскости скольжения дислокации XOZ .

Линии дислокаций параллельны оси OZ , их векторы Бюргерса $\mathbf{b} = (b, 0, 0)$ одинаковы и параллельны оси OX . Положение k -ой дислокации определяется функцией

$$X_k = vt + w_k \quad (1)$$

Здесь w_k – случайная величина, описывающая изгибные колебания дислокации, возбужденные ее взаимодействием с хаотически распределенными дефектами. Среднее значение этой величины по длине дислокации и по хаотическому распределению дефектов равно нулю.

Уравнение движения дислокации может быть представлено в следующем виде

$$m \left\{ \frac{\partial X^2}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 X}{\partial z^2} \right\} = b \left[\sigma_0 + \sigma_{xy}^d + \sigma_{xy}^G \right] - B \frac{\partial X}{\partial t} \quad (2)$$

где σ_{xy}^d – компонента тензора напряжений, создаваемых точечными дефектами на линии дислокации, σ_{xy}^G – компонента тензора напряжений, создаваемых на линии дислокации зонами Гинье-Престона, m – масса единицы длины дислокации (массы всех дислокаций считаем одинаковыми), B – константа демпфирования, обусловленная фононными, магннными или электронными механизмами диссипации.

Воспользовавшись методами, развитыми ранее в работах [2–6], силу динамического торможения (drag) движущейся краевой дислокации зонами Гинье-Престона вычислим по формуле

$$F_G = \frac{n_G b^2}{8\pi^2 m} \int d^3 q |q_x| \cdot |\sigma_{xy}^G(\mathbf{q})|^2 \delta(q_x^2 v^2 - \omega^2(q_z)) \quad (3)$$

где $\omega(q_z)$ – спектр дислокационных колебаний, n_G – объемная концентрация зон Гинье-Престона.

Наиболее интересен случай, когда спектр колебаний дислокации является нелинейным, т.е. в нем возникает щель

$$\omega^2(q_z) = c^2 q_z^2 + \Delta^2 \quad (4)$$

Возникновение этой щели может быть обусловлено, в частности, коллективным взаимодействием точечных дефектов с дислокацией. Спектральная щель, обусловленная этим взаимодействием, в твердых растворах имеет вид

$$\Delta = \Delta_{def} = \frac{c}{b} (n_{0d} \varepsilon^2)^{1/4} \quad (5)$$

где ε – параметр несоответствия дефекта, n_{0d} – безразмерная концентрация дефектов.

В области скоростей $v < v_G = R\Delta$ сила динамического торможения дислокации зонами Гинье-Престона имеет вид силы сухого трения, т.е. не зависит от скорости скольжения дислокации

$$F_G = \frac{n_G \mu b^2 R c}{2(1 - \gamma)^2 \Delta} \quad (6)$$

где μ – модуль сдвига, γ – коэффициент Пуассона. Вклад этого механизма диссипации в величину деформирующих напряжений определяется выражением

$$\sigma_G = \frac{n_G \mu b^2 R}{2(1-\gamma)^2 (n_{0d} \varepsilon^2)^{1/4}}. \quad (7)$$

Оценим величину характерной скорости

$$v_G = R \Delta_{def} = \frac{R}{b} c (n_{0d} \varepsilon^2)^{1/4} \quad (8)$$

Для типичных значений $b = 3 \cdot 10^{-10}$ м, $\varepsilon = 10^{-1}$, $n_{0d} = 10^{-2}$, $R = 3 \cdot 10^{-9}$ м получим $v_G = c$, т.е. при этих значениях эффект сухого трения должен наблюдаться практически во всем динамическом диапазоне скоростей.

Выполним оценку вклада исследуемого механизма диссипации в величину деформирующих напряжений. Для типичных значений $\mu = 5 \cdot 10^{10}$ Па, $\varepsilon = 10^{-1}$, $b = 3 \cdot 10^{-10}$ м, $R = 3 \cdot 10^{-9}$ м, $n_G = 2 \cdot 10^{24}$ м⁻³, $n_{0d} = 10^{-2}$, $\gamma = 0.3$ получим $\sigma_d = 10^8$ Па, т.е. вклад динамического торможения зонами Гинье-Престона может составлять десятки процентов.

Таким образом, коллективное воздействие точечных дефектов на краевую дислокацию приводит к перестройке спектра дислокационных колебаний, а именно к появлению щели в дислокационном спектре. Изменение спектра влияет на характер динамического торможения дислокации другими дефектами, в частности зонами Гинье-Престона, в результате чего торможение этими зонами приобретает характер сухого трения.

Список литературы

1. Tramontina D., Bringa E., Erhart P., Hawreliak J., Germann T., Ravelo R., Higginbotham A., Suggit M., Wark J., Park N., Stukowski A., Tang Y. High Energy Density Physics **10**, 9 (2014).
2. Malashenko V.V. Dynamic drag of dislocation by point defects in near-surface crystal layer / V.V.Malashenko // Modern Phys. Lett. B. – 2009. – Vol. 23, № 16. – P. 2041–2047.
3. Malashenko V.V. Dynamic drag of edge dislocation by circular prismatic loops and point defects / V.V. Malashenko // Physica B. – 2009. – Vol. 404, № 21. – P. 3890–3893.
4. Малашенко В.В. Влияние неравновесных вакансий, генерированных лазерными импульсами высокой мощности, на высокоскоростную пластическую деформацию металлов и сплавов / В.В.Малашенко // Письма в ЖТФ. – 2017. – Т. 43, № 17. – С. 36-40.
5. Варюхин В.Н. Динамические эффекты в дефектной системе кристалла / В.Н. Варюхин, В.В. Малашенко.// Известия РАН. Серия физическая. 2018. – Т. 82, № 9. – С.37-42.
6. Малашенко В.В. Концентрационная зависимость динамического предела текучести состаренных алюминий-медных сплавов при высокоскоростном деформировании / В.В. Малашенко // Письма в ЖТФ. – 2018. – Т. 44, № 18. – С. 47-52.

МЕТОД ПЕЛЕНГОВАНИЯ МОНОИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ

Перепелкин И.Н., канд. физ.-мат. наук,

Дунаев Р.А., канд. филос. наук

ГБОУ ВО «Белгородский государственный институт искусств и культуры»,

г. Белгород, Россия

igorperpelkin@yandex.ru

В моноимпульсных пеленгаторах, в которых применяется амплитудная пеленгация, для решения задачи вычисления угловых координат в каждой из плоскостей имеется пара диаграмм направленности антенн [1]. Причем диаграммы разводятся на угол $\pm\Theta_0$ от равносигнального направления (РСН) (рис. 1). Когда цель отклоняется на угол Θ от РСН, то значение сигнала, находящегося в точке A , оказывается выше в нижней диаграмме, чем в верхней.

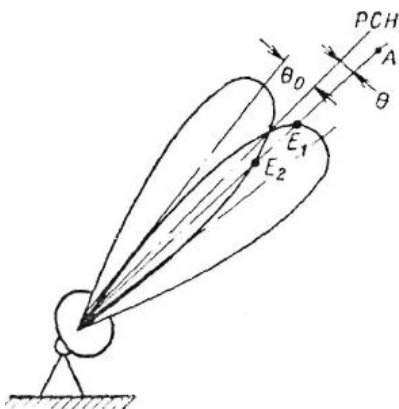


Рис. 1. Определение угловых координат в угломестном канале

Величину отклонения цели от РСН определяет разность амплитуд принимаемых сигналов. По знаку разности определяется направление смещения цели от равносигнального направления. В случае совмещения равносигнального направления и цели, амплитуды сигналов одинаковые по величине и разность равна нулю. Азимут цели вычисляется аналогичным способом при помощи еще двух диаграмм направленности в азимутальном канале [2].

Структурная схема, данного метода в средствах радиотехнической разведки, представлена на рис. 2.

В данной схеме 1, 2, 3, 4 – рупорные антенны; I, II, III, IV – волноводные мосты Σ – суммарный выход моста; Δ – разностный выход моста.

Следует учесть, что суммарно-разностное устройство функционирует по сигналам, принимаемым от антенн. Суть математической модели алгоритма пеленгования заключается в следующем.

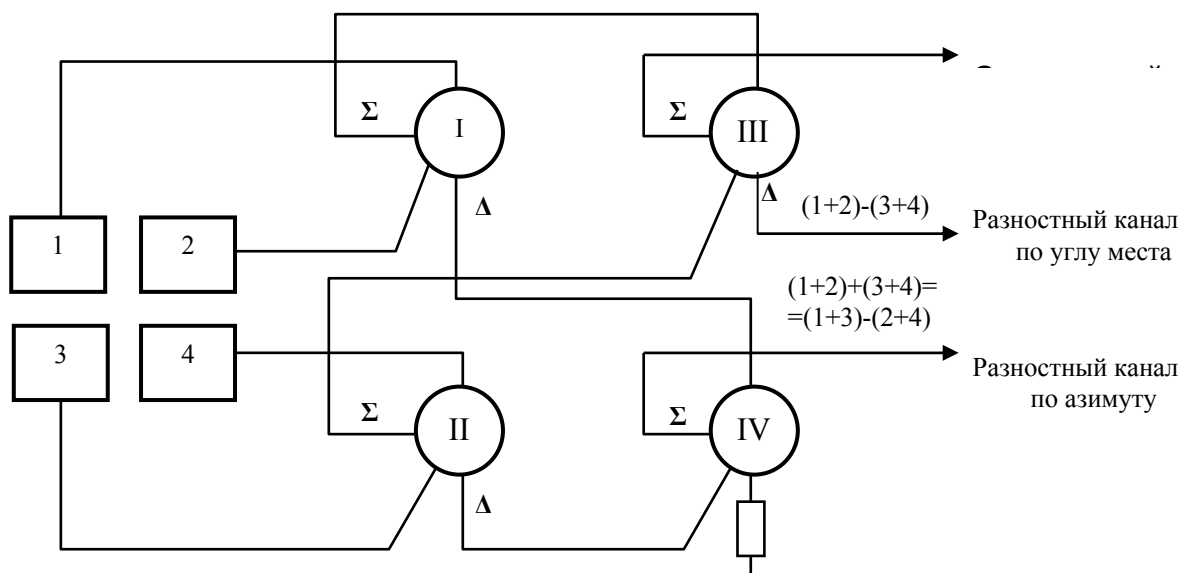


Рис. 2. Суммарно-разностная моноимпульсная система

Пусть сигнал принятый антенной имеет вид $\dot{E}(t) = E_m \cdot e^{j\omega t}$, то на выходах как левого так и правого каналов сигналы будут иметь вид:

$$\dot{E}_1(t, \Theta) = E_m \cdot F_1(\Theta) \cdot e^{j\omega t} = E_m \cdot F(\Theta_0 - \Theta) \cdot e^{j\omega t},$$

$$\dot{E}_2(t, \Theta) = E_m \cdot F_2(\Theta) \cdot e^{j\omega t} = E_m \cdot F(\Theta_0 + \Theta) \cdot e^{j\omega t},$$

где $F(\Theta)$ – функция, определяющая диаграммы направленности антенн.

После преобразования и усиления в переносчике частоты, логарифмического усиления, детектирования и измерения уровня сигнала в радиоприемном устройстве моноимпульсного пеленгатора на выходе АЦП получают сигналы, определяемые выражениями

$$U_1(\Theta) = \ln K_{лев} \cdot E_m \cdot F(\Theta_0 + \Theta),$$

$$U_2(\Theta) = \ln K_{прав} \cdot E_m \cdot F(\Theta_0 - \Theta),$$

где $K_{лев}$, $K_{прав}$ – коэффициенты передачи в каналах устройства.

После вычитания получим:

$$S(\Theta) = \ln \frac{K_{лев} \cdot F(\Theta_0 + \Theta)}{K_{прав} \cdot F(\Theta_0 - \Theta)}.$$

При абсолютно одинаковых каналах ($K_{лев} = K_{прав} = K$) и при минимальных углах Θ можно получить

$$S(\Theta) = \ln \frac{F(\Theta_0 + \Theta)}{F(\Theta_0 - \Theta)} = \ln \frac{F(\Theta_0)(1 + \mu\Theta + \dots)}{F(\Theta_0)(1 - \mu\Theta + \dots)} = \ln \frac{1 + \mu\Theta}{1 - \mu\Theta} = 2(\mu\Theta + \frac{\mu^2\Theta^2}{2} - \frac{\mu^4\Theta^4}{4} + \dots) = 2\mu\Theta,$$

где $F(\Theta_0)$ – коэффициент усиления антенной системы в РСН; μ – коэффициент крутизны рабочего участка диаграммы направленности, который определяется соотношением $\mu = \frac{dF(\Theta)}{d\Theta}$.

Таким образом, разность сигналов в двух каналах связана линейной зависимостью с углом отклонения от РСН. Эта зависимость используется в средствах радиотехнической разведки для пеленгования моноимпульсных сигналов.

Список литературы

1. Леонов А.И. Моноимпульсная радиолокация / Леонов А.И., Фомичев К.И. – М.: «Советское радио», 1970.
2. Гантмахер В.Е. Шумоподобные сигналы. Анализ, синтез, обработка / В.Е.Гантмахер, Н.Е.Быстров, Д.В.Чеботарев. – СПб.: Наука и Техника, 2005.– 400 с.: ил.

УДК 621.3.087.92

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫХ СИСТЕМАХ

Рушечников Я.И.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
yaroslavrushechnicov@gmail.com

Введение. Аналого-цифровое преобразование – процесс необходимый для перевода аналоговых данных в цифровой эквивалент, который может быть обработан и сохранён при помощи вычислительных средств [1].

Не для всех физических величин имеется возможность прямого перевода из аналоговой величины в цифровую, в силу сложности такого преобразования. Одним из наиболее приемлемых способов решения этой задачи является перевод физических величин в функционально связанные с ними электрические величины. Это позволяет использовать уже имеющуюся элементную и аппаратную базу вычислительной техники, и при этом сконцентрироваться на повышении качества преобразования непосредственно физической величины в её электрический аналог.

Процедура аналого-цифрового преобразования представляет из себя перевод функции времени ($U(t)$) которая описывает входную электрическую величину в дискретную последовательность значений, которые относятся к фиксированным моментам времени. Сама процедура преобразования состоит из двух частей, первая из которых называется дискретизацией – перевод непрерывной функции в

непрерывную последовательность, а вторая – квантование – преобразование непрерывной последовательности в дискретную.

Актуальность данной темы определяется многократно возросшим объёмом данных, поступающих из окружающей среды, для которых нужны обновлённые методы аналого-цифрового преобразования. К примеру, аналоговая величина, полученная от датчика сейсмической активности, должна максимально сохранить свою информационную нагрузку при переводе в цифровое состояние, ведь ошибки при подобных вычислениях могут привести к негативным последствиям. Так же данные, которые получены посредством работы системы измерения напряжённости электромагнитного поля, при переводе из аналогового эквивалента в цифровой, должны максимально достоверно и с максимальной скоростью быть переданы в специальные аналитические системы, для последующей обработки и принятия решения.

Целью настоящего исследования послужило всестороннее определение производительности аналого-цифровых преобразователей, интегрированных в современных широко распространённых микроконтроллерных системах.

Для опытов и сравнения использовались микроконтроллерные системы на базе ядер AVR и STM.

Для исследования использовались следующие методы: общенаучные – анализ, синтез, моделирование. Для реализации цели был проведен ряд исследований различных режимов работы (АЦП) с фиксацией результатов выполнения, а так же ранжирование результатов и выбор наиболее производительных решений по таким величинам как разрешающая способность и время преобразования.

Результат. Экспериментальные данные о параметрах производительности, которые были получены в результате написания тестов на языке программирования, свидетельствуют о том, что производительность аналого-цифрового преобразования полностью зависит от программного использования возможностей микроконтроллерной системы в целом. К примеру, на программно-аппаратной платформе Arduino для универсализации языка программирования на разных контроллерах применяется занижение некоторых характеристик [3], в том числе и скорости аналого-цифрового преобразования. Поэтому в системах, критичных к времени преобразования необходимо писать программы с использованием более низкоуровневых языков. А системы основанные на программно-аппаратном ядре STM32 позволяют за счёт использования своих внутренних механизмов многократно повысить производительность аналого-цифрового преобразования.

Заключение. Стоит отметить, что повышение производительности аналого-цифрового преобразования, можно достичь за счёт использования различных механизмов использования внутренней

периферии микроконтроллера. К таким механизмам можно отнести возможность тактирования блоков и шин микроконтроллера разными частотами, возможность использования различных разрядностей (8, 10, 12 бит) преобразования [2] а так же использование механизмов прямого доступа в память. Все эти возможности многократно повышают скорость и разрешение (чувствительность) получаемых данных.

Список литературы

1. Теоретические основы аналого-цифрового преобразования
URL: <http://bourabai.kz/toe/adc01.htm> (дата обращения: 28.09.18).
2. Ознакомительное руководство по ARM микроконтроллерам Cortex-M3.
URL: <http://lishnih.net/arm/STM32book.pdf> (дата обращения: 28.09.18).
3. SCIENTIFIC ARDUINO PROGRAMMING
URL: <http://www.roma1.infn.it/people/organtini/publications/scientificArduino.pdf> (дата обращения: 25.09.18).

УДК 621.375.432

ШИРОКОПОЛОСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

Ступак В.А., Тимченко В.И., канд. физ.-мат. наук, доцент
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

Усилитель разрабатывался в качестве магистрального для автоматизированной системы научного эксперимента, в частности, исследования распределённого значения состояния отраженных радиосигналов в установке по изучению электромагнитной совместимости.

Актуальность исследований, определяется все возрастающей помеховой обстановкой в районах густонаселённых областей, что приводит к необходимости использования малогабаритных широкополосных усилителей, работающих в условиях согласования с кабелями на входе и выходе.

Известно большое количество технических решений широкополосных усилителей: однако одни из них имеют сравнительно большие габариты, так как содержат индуктивные элементы, резисторы и конденсаторы больших номиналов, построечные элементы и т.д. [1,2], другие не обеспечивают достаточного согласования по входу и выходу [3].

Целью настоящей работы является создание на принципах микроминиатюризации, с малыми энергозатратными и массогабаритными характеристиками широкополосного усилителя мощности [4].

На рис. 1 показана принципиальная схема малогабаритного широкополосного усилителя с коэффициентом усиления 20 дБ и полосой пропускания 5-320 МГц. Входной каскад (транзистор VT1) вместе с

резистором R1 служит для согласования с кабелем 75 Ом. Основное усиление обеспечивается двухкаскадной ячейкой, в которой используется общая параллельная обратная связь по току. Применение каскода (VT3 и VT4) расширяет полосу пропускания и улучшает качество согласования на выходе усилителя.

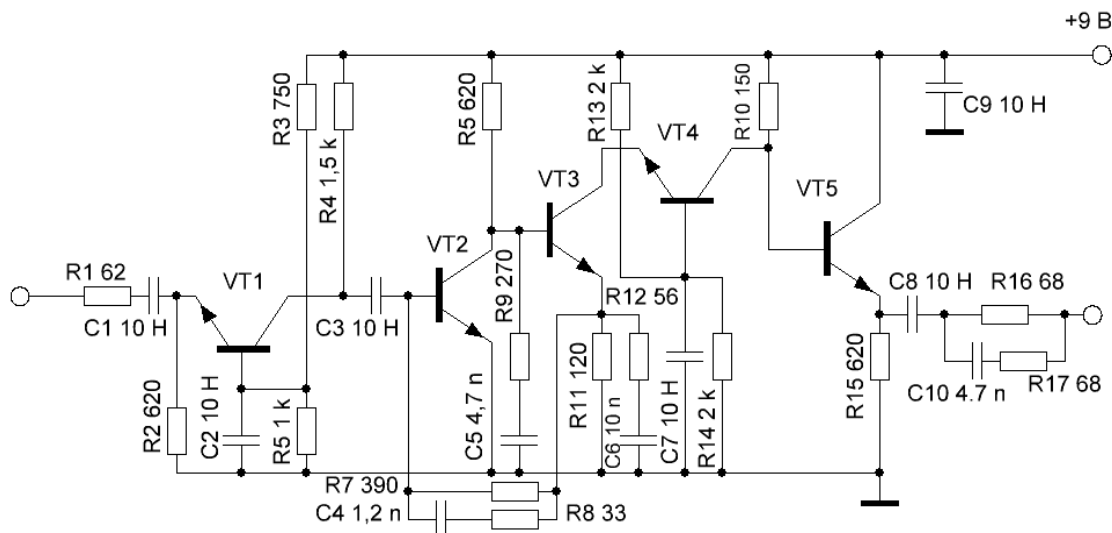


Рис. 1. Принципиальная схема широкополосного усилителя

Корректирующие цепи C4, R8, и C5, R9 служат для устранения чрезмерного подъема амплитудно-частотной характеристики в области высших частот. Выходной каскад (VT5) вместе с элементами R16, R17, и C10 предназначен для согласования с выходным кабелем 75 Ом. В качестве активных элементов использованы бескорпусные транзисторы 2Т3106А (VT1) и 2Т354Б (VT2...VT5); все резисторы МЛТ- 0,125; все конденсаторы (кроме C4) К10-9; C4 - КД-1. Усилитель потребляет мощность 190 мВт от источника питания 9 В.

Схема изготовлена на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 0,5 мм. Габариты усилителя 40х30х15 мм³. На входе и выходе усилителя применены коаксиальные разъемы СР-75-268Ф. Технологические и конструктивные особенности усилителя, а именно:

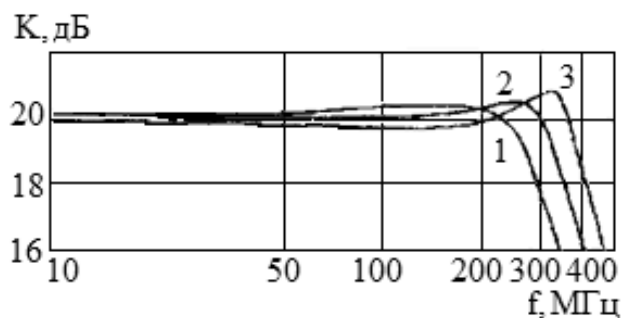


Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика усилителя

отсутствие индуктивных элементов, резисторов и применение бескорпусных транзисторов, делает предложенное техническое решение для реализации в гибридно-пленочном варианте.

Амплитудно-частотная характеристика усилителя (рис. 2) снята помощью векторного анализатора цепей Agilent Field Fox N9923A, в диапазоне температур —

60°С...70°С. Коэффициент стоячей волны (КСВ) измерялся до частоты 250 МГц в указанном температурном диапазоне. Результаты измерений КСВ по входу и выход, не более 1,15. В указанном диапазоне температур коэффициенты второй и третьей гармоник не превышают 5% при выходном сигнале 250 мВ эф.

Последовательное соединение двух и трех описанных секции позволяет повысить коэффициент усиления соответственно до 40 и 60 дБ с незначительным ухудшением полосы пропускания.

Список литературы

1. Canning T. Continuous mode power amplifier design using harmonic clipping contours: Theory and practice [Text] / T. Canning, P. J. Tasker, S. C. Cripps // IEEE Trans on Microwave Theory and Tech. – 2014. – Vol. 62, No. 1. – P. 100-110.
2. Markovich M. Nonlinear modeling of class-E microwave power amplifiers [Text] / M. Markovich, A. Kain, Z. Popovich // Journal of the RF and Microwave Computer-Aided Engineering. –1999. – Vol.9, Issue 2. – P. 93-103.
3. Franco M.J. An efficient, 35 dBm, inverse class-F, UHF RF power amplifier module on a 12 mm² footprint designed in first pass through accurate modeling and simulation [Text] / M.J. Franco // Proc. of International Microwave Symposium. – California. – 2010. – P. 930-931.
4. Ефимович А.П. Области возможных реализаций насыщенного усилителя класса F [Текст] / А.П. Ефимович // Материалы III-й научно-технической конференции с международным участием «Наука настоящего и будущего». – Санкт-Петербург: СПбГЭТУ (ЛЭТИ), 2015. – С. 79-80.

УДК 004.62

АЛГОРИТМЫ ПРОГНОЗНОГО И ФОРМАЛЬНОГО ТИПОВ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ УЧАСТКОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КРИВЫХ

Третьяков И.А.

ГОУ ВПО «Донецкий Национальный Университет», г. Донецк, ДНР

es75i@mail.ru

Прогнозирование является неотъемлемой частью анализа массивов экспериментальных данных. Анализируются случившиеся события, для того чтобы на основе определенной информации осуществлять прогнозы и принимать решения для формирования необходимого результата в дальнейшем. Большинство прогнозов осуществляется на основе исследования уже случившихся в прошлом и настоящем устойчивых состояний анализируемого процесса, определения закономерностей их динамики и переносе их в будущее. Такой подход называется экстраполяцией [1].

Выделяют формальный и прогнозный типы экстраполяции. Формальный тип основывается на предположениях о сохранении в дальнейшем уже случившихся определенных состояний исследуемого процесса. Прогнозный тип, в свою очередь, базируется на предположениях о динамике анализируемого процесса с учетом влияния на него множества различных факторов. Широко применяется метод математической экстраполяции, метод подбора функций, матричный метод. Все они с математической точки зрения предполагают распространение некоторого закона изменения функции из области ее определения в области, находящейся вне ее. Вводится некоторая функция, представляющая собой математико-статистическую модель исследуемого события. В зависимости от характера и специфики поведения кривой, функция может быть линейного, гиперболического, логарифмического, экспоненциального и других типов. Линейная, например, применяется для исследования событий, равномерно изменяющихся во времени. В лингвистическом подходе [2] роль такой функции может выполнять функция сложности [3].

Целью данной работы является разработка экстраполяционных алгоритмов экспериментальных кривых с применением функции сложности. В работе будут представлены алгоритмы экстраполяции формального и прогнозного типов.

Алгоритм прогнозного типа для экстраполяции кривых стохастического характера будет анализировать экстраполяционные свойства кривой стохастического характера поведения только в одном направлении, а именно вправо за границы определенного участка и должен состоять из следующих шагов:

1. Исследуемая экспериментальная кривая разбивается на участки равной длины.

2. На каждом участке определяется набор коэффициентов уравнения авторегрессии $x_t = c_0 + \sum_{i=1}^n c_i x_{t-i} + b\xi_t$.

3. На каждом участке вычисляется величина $s_t(\omega_j) = \sum_{s=l+1}^t [g_s(\omega_j)] - (t - jl)$.

4. Задается величина порога ошибки экстраполяции.

5. На кривой определяется последовательность значений функции сложности $\phi(\omega_j) = t_0(\omega_j)$.

6. На кривой идентифицируются все участки, соответствующие локально минимальным значениям функции сложности.

7. Идентифицированные участки рассматриваются как искомые участки для прогнозирования.

8. Для каждого идентифицированного участка фиксируется его позиция на кривой и соответствующий вектор, характеризующий его форму.

Алгоритм формального типа для экстраполяции экспериментальных кривых с применением аппроксимации отрезком степенного ряда будет прогнозировать поведение кривой в обоих направлениях, а именно и вправо за границы определенного участка и должен состоять из следующих шагов:

1. Исследуемая экспериментальная кривая разбивается на участки равной длины.

2. Исходные векторы значений ординат кривой, соответствующие участкам, нормируются.

3. На каждом участке определяется величина аппроксимирующего полинома $\sum_{i=0}^N c_i^j s^i$.

4. На кривой определяется последовательность значений функции сложности $\phi(\omega_j) = \min(k_r, k_l)$.

5. Задается величина порога ошибки экстраполяции.

6. На кривой идентифицируются все участки, соответствующие локально минимальным значениям функции сложности.

7. Идентифицированные участки рассматриваются как искомые участки для прогнозирования.

8. Для каждого идентифицированного участка фиксируется его позиция на кривой и соответствующий вектор, характеризующий его форму.

В данной работе представлены два алгоритма экстраполяции экспериментальных кривых. В частности, алгоритм прогнозного типа для экстраполяции кривых стохастического характера и алгоритм формального типа для экстраполяции экспериментальных кривых с применением аппроксимации отрезком степенного ряда. Достоинствами обоих алгоритмов является минимальная информация о характере исследуемой кривой и простота программной реализации.

Список литературы

1. Попова Н.Л. Экстраполяция как средство научного познания и интегративный фактор в науке / Н.Л.Попова. – Киев: Наук. думка, 1985. – 111 с.
2. Моттль В.В. Лингвистический анализ экспериментальных кривых / В.В.Моттль, И.Б. Мучник // ТИИЭР. – 1979. – Т.69. – №5. – С.12-39.
3. Третьяков И.А. Функции сложности для выделения и распознавания характерных участков экспериментальных кривых / И.А.Третьяков, В.В.Данилов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2017. – № 2. – С.101-107.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Шалаев А.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
pers2tz.ru@mail.ru

Характерной особенностью развития информационных технологий является непрерывное качественное усложнение сфер их применения. Необходимо выделить технологии автоматизации процесса решения сложных вычислительных задач; использование и хранение информации в больших объемах. Эти информационные технологии используют заданные модели объективно существующих процессов.

Поэтому объективно возникает задача внедрения разработки более инновационной автоматизированной системы распределения, анализа, обработки результатов. В свою очередь технологии должны учитывать современные и перспективные требования, которые предъявляются или могут возникнуть при управлении сложными системами.

Следует учесть, что идет бурное и непрерывное развитие и получения научно – теоретических результатов, вследствие чего создание инновационных технологий приводит к выводу на новый виток развития систем автоматизации и управления технологическими процессами и производствами. При этом в процессе их функционирования возникают новые знания и данные, которые необходимо учитывать с целью обеспечения безопасной эксплуатации. Для достижения данной цели при функционировании сложных систем наиболее целесообразно использовать автоматизированную систему с использованием элементов теории нейронных сетей.

Перечислим основные преимущества нейросетей в сравнении с классическими вычислительными системами:

1. Способность решения задач с неизвестной закономерностью.
2. Фильтрация неинформативных, шумовых данных.
3. Адаптация к изменениям параметров среды.
5. Переучивание к нестационарной среде в реальном времени.
6. Высокое быстродействие посредством параллельной обработки массивов данных.
7. Высокая отказоустойчивость при повреждении структуры нейросети.

Преимущества нейросетей в сравнении с классическими статистическими методами:

1. Способность эффективного построения зависимостей нелинейного типа
2. Высокая точность описания массивов данных.

3. Построения поверхностей порядка выше, чем байесовского классификатора.
4. Обучение на всем массиве данных без фрагментации.

Процесс функционирования систем автоматизации распределения, анализа и обработки результатов измерений создают новые знания и данные, которые необходимо учитывать с целью обеспечения безопасной эксплуатации. Для достижения данной цели при функционировании сложных систем наиболее целесообразно использовать автоматизированные системы на базе нейронных сетей.

Практика показывает, что целесообразно использовать автоматизированную систему с элементами теории нейронных сетей, так как они имеют целый ряд преимуществ перед существующими аналогами и позволяют повысить качество обработки результатов измерений.

Список литературы

1. Хайкин С. Нейронные сети / С. Хайкин. – М.–С.-Петербург–Киев: Изд. дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
2. Згуровский М.З. Системный анализ: проблемы, методология, приложения / М.З.Згуровский, Н.Д.Панкратова. – К.: Наукова думка, 2005. – 744 с.
3. Стюарт Рассел, Питер Норвиг. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 1408 с.

УДК 615.849.19

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ НЕСИММЕТРИИ ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Шелехова О.Г., канд. техн. наук

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
jenjaistorik@mail.ru

Введение. Значительная часть отказов асинхронных двигателей (АД) связана с повреждением обмоток статора [1]. Моделирование надежности асинхронных двигателей в среде программирования MATLAB и ее расширения Simulink позволяет прогнозировать срок безаварийной эксплуатации АД и исключить их тепловую перегрузку в тяжелых режимах работы, одним из которых является эксплуатация при несимметрии напряжения сети.

Актуальность (социальная значимость) Надежность работы АД в подавляющем большинстве случаев зависит от надежности изоляции их обмоток. По данным, представленным в литературных источниках [4, 5] локальный перегрев обмоток может привести к пробое изоляции АД [5] и

последующему возгоранию пыли на обмотках АД. Выше изложенное свидетельствует об актуальности исследования надежности АД при несимметрии питающего напряжения.

Целью тезисов было моделирование надежности АД при несимметрии питающего напряжения. Разработка рекомендаций по безаварийной эксплуатации АД.

Результат. Для аналитических исследований распределения токов в обмотках АД в условиях несимметрии источника питания был использован метод симметричных составляющих с применением Т-образной схемы замещения [3]. Математическое моделирование АД выполнялось в среде программирования MATLAB-Simulink [3]. Затем по известным значениям токов осуществлялся расчёт теплового состояния АД с помощью системы дифференциальных уравнений, полученных на основании эквивалентной тепловой схемы (ЭТС) [2]. В ходе проведенных исследований установлено, что при несимметрии токов менее 20 % зависимость температуры от коэффициента несимметрии может быть аппроксимирована зависимостью (погрешность не превышает 0.5%):

$$\theta^* = 1 + K_{2I}^* . \quad (1)$$

$K_{2I}^* = \frac{K_{2I}}{100}$ – относительное значение коэффициента несимметрии обратной последовательности по току.

Показано, что при несимметрии токов обратной последовательности более 20 % зависимость температуры от коэффициента несимметрии тока обратной последовательности при напряжении прямой последовательности $U_{np} = U_n$ и наиболее неблагоприятном $\Delta\psi_{max} = \Delta\psi_{max}$ может быть аппроксимирована зависимостью:

$$\theta^* = 1.42 \cdot K_{2I}^{*2} + 0.77 \cdot K_{2I}^* + 1 . \quad (2)$$

По известному значению температуры наиболее нагруженного узла определялся срок службы АД по формуле Вант-Гоффа-Аррениуса. В работе установлено, что темпы сокращения срока эксплуатации АД в зависимости от коэффициента несимметрии токов обратной последовательности, практически постоянны для различных классов изоляции обмоток.

Для оценки надежности АД в работе получена аналитическая зависимость срока безаварийной эксплуатации АД от коэффициента несимметрии тока обратной последовательности:

$$D = D_n \cdot \exp \left(- \frac{1.42 \cdot K_{2I}^{*2} + 0.77 \cdot K_{2I}^* + 1 - \theta_n}{\Delta\theta} \right) \quad (3)$$

В заключении Математическое моделирование надежности АД в среде программирования MATLAB-Simulink позволило оценить срок

безаварийной эксплуатации электродвигателя при несимметрии питающего напряжения. В работе получены аналитические зависимости температуры наиболее нагруженного узла АД и срока службы АД от несимметрии токов обратной последовательности, которые могут быть использованы в устройстве защиты от тепловых перегрузок, так и а этапе проектирования АД.

Список литературы

1. Полевой В.Е. Влияние эксплуатационных факторов на показатели надежности асинхронных двигателей / В.Е.Полевой, М.С.Ежова // Известия ТулГУ. Технические науки. – ТулГУ, 2013. – Вып. 9. – Ч.1. – С. 143–147.
2. Федоров М.М. Исследование распределения температур узлов асинхронного двигателя при несимметрии питающих напряжений / М.М.Федоров, В.Ф.Денник, А.В.Корощенко // Сб. тр. ДонГТУ. Сер. электротехника и энергетика – Донецк, 1999. – Вып. 4. – С.138-141.
3. Толочко О.І. Векторні моделі асинхронного двигуна у середовище пакета Matlab / О.І.Толочко, Г.С.Чекавський, Д.М.Мірошник // Праці Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2003, Том 1, №2 (19) – С.199-202.
4. Шелехова О.Г. Функциональная зависимость токов асинхронного двигателя от напряжения прямой последовательности, полученная безитерационным способом / О.Г.Шелехова // Междунар. научн.-техн. конф. «Проблемы повышения эффективности электромеханических преобразователей в электроэнергетических системах». – Севастополь. – 2015. – С. 63-64.
5. Шелехова О.Г. Определение зависимости тока статора асинхронного двигателя от напряжения прямой последовательности при различных параметрах его схемы замещения / О.Г.Шелехова // Сборник трудов СПб ГУАП. – 2016. – С. 284-291.

Общая физика и дидактика физики

УДК 378

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОРГАНИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Ивина О.А., канд. техн. наук,

Романова В.В., канд. техн. наук

ФГБОУВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, Россия

k8enya@gmail.com

Современные экономические условия жизни практически в любой стране на нашей планете характеризуются потребностью значительной части студентов всех форм обучения сочетать учебу с работой. Кроме того, некоторая часть населения, желающих получить высшее образование, лишена в той или иной степени возможности обучаться непосредственно в вузе, который они выбрали для получения необходимой им специальности.

Именно дистанционное образование необходимо для начального, среднего, профессионального и высшего образования, для людей, которые по каким-либо причинам не могут получить полноценное образование в обычных условиях.

В информационном обществе информация становится стратегическим ресурсом. Чтобы получить доступ к любым источникам информации, необходимо овладеть современными информационными технологиями, которые имеют огромный диапазон возможностей для совершенствования учебного процесса и системы образования в целом. Это предусматривает изменения сложившейся системы образования в соответствии с требованиями складывающегося информационного пространства и предлагает для этого средства решения путем использования новых информационных технологий, в том числе мультимедиа [1].

Технологии дистанционного обучения можно разделить на три большие категории:

1. Интерактивное телевидение. Преимущество обучения, базирующегося на интерактивном телевидении, заключается в его возможности непосредственного визуального контакта с аудиторией, находящейся на различных расстояниях от преподавателя. Его отрицательная сторона состоит в том, что при таком обучении практически тиражируется обычное занятие, будь оно построено по традиционной методике или с использованием современных педагогических технологий. Это может быть допустимо только при демонстрации уникальных методик, лабораторных опытов, когда преподаватели, и учащиеся могут стать свидетелями и участниками использования

новых знаний, методов в своей области, новых информационных технологий, принять участие в дискуссии. Данная форма дистанционного обучения интерактивна и может считаться весьма перспективной в системе повышения квалификации и подготовки специалистов.

2. Компьютерные телекоммуникационные сети (региональные, глобальные), с различными дидактическими возможностями в зависимости от используемых конфигураций (текстовых файлов, мультимедийных технологий, видеоконференций). Предполагает использование компьютерных телекоммуникаций в режиме электронной почты, телеконференций, информационных ресурсов региональных сетей и сети Интернет. Это самый распространен и недорогой способ дистанционного обучения.

3. Кейс-технология, когда учебно-методические материалы комплектуются в специальный набор и пересылаются обучаемому для самостоятельного изучения как на различного рода носителях, так и в электронной форме. Преимущество кейса в том, что он сочетает в себе следующие качества: интерактивность, мультимедийность, содержит большой объем информации и за счёт этого в значительной степени оптимизирует процесс дистанционного обучения [2].

Разнообразны и формы занятий, используемые при такой форме обучения.

1. Чат-занятия – учебные занятия, осуществляемые с использованием чат-технологий. Такие занятия проводятся синхронно, то есть все участники имеют одновременный доступ к чату

2. Веб-занятия – дистанционные уроки, конференции, семинары, деловые игры, лабораторные работы, практикумы и другие формы учебных занятий, проводимых с помощью средств телекоммуникаций и других возможностей Internet.

3. Телеконференции – проводятся, как правило, на основе списков рассылки с использованием электронной почты.

4. Дистанционный курс – особая форма представления содержания учебного курса, основанная на использовании современных информационных технологий, Дистанционный курс является основным элементом построения обучения с использованием технологий дистанционного обучения.

Основная форма учебных материалов, используемых при дистанционном образовании – электронная, хотя возможно использовать также бумажные копии.

Одной из интегрированных форм учебных материалов в традиционных формах обучения является учебно-методический комплекс, объединяющий учебники, практикумы, методические указания, сборники типовых заданий и упражнений, прикладное программное обеспечение. При дистанционном обучении аналогом учебно-методического комплекса становится электронный учебник [3].

С использованием информационных технологий складывается новая организация работы самого обучаемого. Если при традиционном подходе студент слушает лекции, ведет конспекты, посещает библиотеки, семинары, то он фактически встроен в организованный учебный процесс. В ситуации дистанционного образования современные информационные технологии, в том числе мультимедиа, открывают учащимся доступ к нетрадиционным источникам информации, позволяют реализовать принципиально новые формы и методы обучения, которые позволяют повысить качество обучения, эффективность самостоятельной работы [4].

В перспективе, студент может получить образование в любом университете мира.

Одним из главных препятствий на пути к получению высшего образования дистанционным методом может стать необходимость в хорошей технической оснащенности. К еще одной отрицательной стороне дистанционного обучения принято относить отсутствие личного общения с преподавателем и другими студентами, а также недостаток практических занятий. С другой стороны, этот пробел при желании можно частично восполнить с помощью переписки по электронной почте, использования программ видеоконференций.

Что касается прогнозов дальнейшего развития дистанционного обучения в системе отечественного высшего образования, то они достаточно оптимистичны. По мере развития Интернет технологий, совершенствования методик дистанционного обучения и дальнейшей информатизации образования к этой форме организации учебного процесса будут прибегать все больше вузов, что позволит сделать образование еще более доступным для всех желающих его получить.

Список литературы

1. Богдановская И.М. Информационные технологии в педагогике и психологии: Учеб для вузов / И.М.Богдановская, Т.П.Зайченко, Ю.Л.Проект. – СПб.: Питер, 2017. – 300 с.
2. Гребенюк Е.И. Технические средства информатизации / Е.И.Гребенюк. – М. – «Академия», 2012. – 276 с.
3. Гиркин И.В. Новые подходы к организации учебного процесса с использованием современных компьютерных технологий / И.В.Гиркин // Информационные технологии № 6, 1998.
4. Жук Ю.А. Мультимедийные технологии: учебное пособие для студ. вузов / Ю.А.Жук. – Сыктывкар: СЛИ, 2012. – 271 с.

СРЕДСТВА МУЛЬТИМЕДИА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА

Ивина О.А., канд. техн. наук,

Романова В.В., канд. техн. наук

ФГБОУВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, Россия

k8enya@gmail.com

В начале XXI века возможности информационных технологий для человека становятся безграничными, что способствуют эффективному решению профессиональных, экономических, а также многих других проблем. Актуальным является подготовка специалистов, способных грамотно распорядиться сегодняшними техническими и информационными возможностями, обладающих необходимыми знаниями, позволяющими сориентироваться в новом информационном пространстве. В настоящее время мультимедиа технологии относятся к одним из наиболее динамично развивающихся и перспективных направлений информационных технологий. Внедрение мультимедиа технологий в образовательные процессы является одним из ключевых моментов информатизации образования.

Мультимедийные средства обучения являются высокоэффективным инструментарием, позволяющим предоставить преподавателю массивы информации в большем объеме, чем традиционные источники информации; наглядно в интегрированном виде включать не только текст, графики, схемы, но и звук, анимацию, видео; отбирать виды информации и в той последовательности, которая соответствует логике познания и уровню восприятия конкретного контингента обучающихся. Это позволяет сделать процесс обучения вариативным по отношению к социальным и культурным различиям между студентами, их индивидуальным стилям и темпам обучения, их интересам [1].

Интерактивность мультимедийных технологий делает их необычайно гибкими, что может оказаться весьма полезным для студентов с особыми академическими потребностями. В частности, у людей, страдающих дефектами слуха, при использовании мультимедиа в обучении наблюдается значительное улучшение фонологических навыков и навыков чтения, а визуальное представление информации значительно повышает академическую мотивацию глухих. Люди со значительными нарушениями речи и ограниченными физическими возможностями выигрывают от применения мультимедиа в учебном процессе, поскольку соответствующие средства обладают возможностью настройки под индивидуальные потребности студентов. В свою очередь, индивидуальное обучение является реализацией принципа активного, самостоятельного

обучения, при котором студенты сами выбирают, на какие вопросы отвечать, и какие темы изучать [2].

Можно отметить следующие мультимедиа технологии, используемые в процессе обучения:

- интерактивная доска;
- система интерактивного опроса;
- различные образовательные программы;
- мультимедийный экран;
- сетевые образовательные программы;
- диагностические комплексы.

Для формирования большинства профессиональных качеств необходимо, чтобы выпускник вуза обладал умением самообучения. Внедрение в учебный процесс мультимедиа технологий сопровождается увеличением объемов самостоятельной работы обучающихся, расширением информативного поля, повышается мотивация обучения, стимулируется познавательный интерес – эффективность самостоятельной работы возрастает.

Важно отметить, что практически все возможные виды контроля знаний студентов могут быть реализованы с помощью электронных изданий, на основе специально разработанных компьютерных программ, позволяющих снять часть нагрузки с преподавателя и усилить эффективность и своевременность контроля, то есть применение новых информационных технологий расширяет возможности контроля учебного процесса [3].

Учебный потенциал мультимедийных технологий позволяет существенно повлиять на все составляющие обучения – цели, содержание и методы обучения, что, несомненно, повышает качество и эффективность образовательного процесса высшей школы.

Список литературы

1. Махотин Д.А. Технические и мультимедийные средства обучения в образовательном процессе / Д.А.Махотин // Педагогическая мастерская. Все для учителя. – М., 2012. – № 12(48). – С. 6-9.
2. Колодин С.А. Интернет технологии в работе учителя / С.А.Колодин. – М.: Учитель, 2013. – 156 с.
3. Жук Ю.А. Информационные технологии. Мультимедиа: Учебное пособие / Ю.А.Жук. – М.: Лань, 2018. – 208 с.

ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Комарницкая Е.В.,

Бедин Е.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

Lenusa2000@yandex.com

Актуальность. В современном мире развитие науки и образования является одним из самых важных направлений в экономике. За последнее столетие значительно возросла роль образования, а вместе с ней и роль инноваций во всех экономически преуспевающих государствах. Кроме того, наибольшее влияние на развивающийся уровень образования каждой страны оказывает сегмент высшего образования.

Анализ последних исследований и публикаций. Многие специалисты в своих работах умалчивают о том, что исследование конкурентоспособности вузов возможно в рамках общей концепции их рыночной конкуренции, поскольку высшее образование, с точки зрения экономической теории, можно рассматривать как экономическое благо, обладающее полезностью с точки зрения его потребителей и требующее затрат на свое производство.

А.С.Малин определяет конкурентоспособность вуза через конкурентоспособность выпускников: «Конкурентоспособность вуза – это наличие в вузе конкурентных преимуществ, позволяющих готовить высококвалифицированных специалистов и соперничать с аналогичными специалистами других вузов и удовлетворяющих требованиям конкретных групп потребителей» [1].

Ю.Б.Рубин пишет: «Конкурентоспособность есть способность заинтересованных сторон рынка к конкуренции, она всегда представляет собой предпосылку их конкурентных действий, в том числе и в сфере образования» [2].

Цель исследования. Рассмотреть конкурентоспособность высших учебных заведений и ее составляющие; Определить наиболее важные тенденции развития вузов в рамках рынка образовательных услуг; Предложить мероприятия по совершенствованию конкурентоспособности высших учебных заведений.

Результаты исследования. Важнейшими рыночными субъектами, в рамках которых производятся и развиваются услуги высшего образования, являются высшие учебные заведения – учебные заведения, осуществляющие научную деятельность и предоставляющие высшее профессиональное образование.

Как известно, конкурентоспособность в обобщенном виде может быть определена как способность «выдерживать» конкурентное напряжение рынка.

Рассматривая и анализируя позиции высшего учебного заведения на рынке образовательных услуг, следует выделить две составляющие:

1. Конкурентоспособность услуг – способность образовательных услуг, предлагаемых вузом, быть востребованными на рынке, где присутствуют аналоги. Конкурентоспособность всегда предполагает рыночную конкуренцию.

2. Конкурентоспособность вуза – совокупность имеющихся средств, которые в состоянии обеспечить возможность сохранения или расширения занимаемой доли рынка в условиях конкурентной борьбы.

Итак, главной задачей конкурентоспособного высшего учебного заведения является определение нужд, потребностей и интересов своих потребителей, приспособление системы обучения к такому состоянию, которая смогла бы полностью их удовлетворить, что позволит сохранить или увеличить уровень благополучия как отдельных группы потребителей, так и общества в целом, и обеспечить выгоды в долгосрочном периоде. Кроме того, при решении поставленных задач необходимо выстроить и наладить управленческий процесс.

Таким образом, при осуществлении процесса управления образовательными услугами необходимо учитывать их специфические особенности, к которым относятся: Сотворчество преподавателей и студентов; Открытость образовательных услуг для информационного, кадрового и других видов обмена; Многоуровневая форма услуг по содержанию, где каждый из уровней может быть сориентирован либо на рынок в целом, либо на определенный сегмент; Совпадение временных рамок выполнения образовательной услуги и ее потребления; Отсроченный характер проявления результатов образовательного процесса; Участие большого количества специалистов в оказании услуг [3].

Также, важно обратить внимание на основные факторы эффективного управления высшим учебным заведением, которые обеспечивают конкурентоспособность: Планирование; Организация; Обеспечение; Мотивация; Координация; Контроль.

Вместе с тем, принятие во внимание особенностей услуг образования позволит осуществлять процесс управления в секторе высшего профессионального образования с большей эффективностью, что, несомненно, положительно отразится на конкурентоспособности вуза. К тому же, кроме учета специфических особенностей следует обратить внимание на стратегические направления развития рынка образовательных услуг. В настоящее время к наиболее важным тенденциям на рынке образовательных услуг относятся следующие:

1. Переход к открытому образованию.

2. Рост значимости информационных технологий.

Формирование конкурентных преимуществ в области высшего профессионального образования рационально осуществлять, основываясь на потребностях рынка. Стремительное развитие рыночных отношений внесло ряд требований для функционирования рынка образовательных услуг, к которым относятся: Учет постоянных изменений в управлении образовательными услугами, которые должны стать менее дорогостоящими, более эффективными, более предпринимательскими и более ответственными; Расширение автономии образовательных учреждений при сохранении гарантий обеспечения качества обучения; Изменение в управлении ресурсами, направленными в сферу образовательных услуг; Повышение качества образовательных услуг, исходя не только из внутренних, но и мировых критериев его оценки; Модернизация кадров высшего образования, включая подготовку профессорско-преподавательского состава в соответствии с современным уровнем развития информационных технологий, глобальных коммуникаций, изменение статуса преподавателей в меняющемся мире, расширение свободы выбора методов преподавания; Обеспечение гибкости процесса обучения, а также свободы индивидуума в выборе направлений обучения, курсов и преподавателей, создание условий для ответственности каждого студента за формирование и исполнение своего индивидуального учебного плана [4].

Главной целью, стоящей перед высшими учебными заведениями в условиях рыночной среды, является подготовка конкурентоспособного поколения специалистов к управлению гибкими организационными системами, которые видоизменяются под давлением модернизационных процессов, происходящих в современном мире.

В связи с этим, приобретает актуальность открытое образование - система обучения, которая может быть доступна любому желающему без предварительного анализа его базового уровня знаний, использует технологии и методики сетевого обучения и позволяет обеспечить обучение в той форме и объеме, которая, соответственно, удобна и необходима студенту. Система открытого образования позволяет практически реализовать ряд свобод: Поступление на бесконкурсной основе в любое учебное заведение открытого типа; Возможность получения образования на равных правах для всех категорий граждан без исключения; Прием на обучение не ограничен сезонными рамками, отсутствие фиксированных сроков обучения; Наличие свобод выбора в вопросе места, темпа и траектории обучения; Высокое и эффективное качество обучения.

Также, в настоящее время все большее значение обретают информационно-социальные технологии в образовании. Использование электронно-вычислительных машин современного образца и, связанных с ними, программных инструментов позволяет автоматизировать рабочие места, как преподавателей, так и студентов, а также обеспечить всеобщую

компьютеризацию, которая позволила бы решать важнейшие современные задачи: Обеспечить выход во всемирную сеть Internet; Построить открытую систему образования; Сформировать единое информационное пространство образовательных ресурсов и обеспечить рациональное его использование; Интенсифицировать все уровни учебного процесса.

Выводы. Можно сделать вывод, что элемент конкуренции в области образовательных услуг ежегодно набирает обороты, а конкурентная среда в сфере высшего профессионального образования становится все более усложненной по степени взаимного влияния всех внешних сил и интенсивности конкуренции. Следует отметить, что деятельность современных высших учебных заведений подвержена влиянию таких факторов, как нарастающая нестабильность и неопределенность макросреды, уменьшение объемов государственного финансирования, увеличение уровня внешней конкуренции.

Также следует сделать вывод, что повысить конкурентоспособность высшего учебного заведения можно при соблюдении следующих мероприятий:

1. Учет специфических особенностей процесса управления образовательными услугами;
2. Учет стратегических направлений развития рынка образовательных услуг;
3. Учет основных факторов эффективного управления вузом и правильной расстановкой приоритетов;
4. Разработка адаптационных мероприятий к требованиям рынка.

Список литературы

1. Малин С.А. Межвузовская и внутривузовская конкуренция образовательных программ высшего профессионального образования / С.А.Малин // Современная конкуренция. – 2007. – № 6. – С. 49-55.
2. Рубин Ю.Б. Теория конкуренции и задачи повышения конкурентоспособности российского образования / Ю.Б.Рубин // Высшее образование в России. – 2007. – № 1. – С. 26-41.
3. Дятлов С.А. Формирование лояльности и мотиваций в системе управления образовательными услугами / С.А.Дятлов, В.В.Чекмарев, О.П.Ковалева // Монография. – Кострома, 2009. – 226 с.
4. Ковалева О.П. Формирование лояльности как фактора повышения конкурентоспособности высшего учебного заведения на рынке образовательных услуг / О.П.Ковалева // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. – 2009. – 24 с.

ЯЗЫК SCRATCH ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ УЧЕНИКОВ ФИЗИКЕ В ШКОЛЕ

Корнеева М.А.,

Головчан А.В., канд. физ.-мат. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

k0rneevamari@yandex.ua

Простота, наглядность и «творческий подход» языка Scratch позволяет использовать его для повышения интереса к изучению физики в школе. В частности, самостоятельно создаваемые учениками анимированные демонстрации могут органично дополнять излагаемый на уроке материал, а также позволяет ускорить процесс обучения детей физике в школах.

Визуальная объектно-ориентированная среда программирования Scratch создана на языке Squeak и основана на идеях конструктора Лего, где из команд кирпичиков методом drag-and-drop собирается программа-скрипт. Рассмотрим программу немного подробнее [1]. Редактор Scratch [2] состоит из нескольких областей: сцена, список спрайтов, палитра блоков и область скриптов. При создании анимации используется разноцветная палитра блоков (рис.1). Каждый блок содержит набор типовых операций. С их помощью и создаются анимированные скрипты. Спрайты – это объекты, которыми можно управлять с помощью блоков.

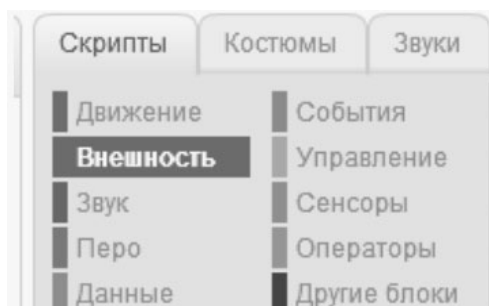


Рис. 1. Блоки для создания анимации

К примеру, рассмотрим запрограммированный квест в программе Scratch на тему «Знаешь ли ты физику?»

Цель квеста: повысить интерес учащихся к изучению физики, расширить их кругозор.

Сам квест рассчитан на учеников 7-8 классов, и должен проводиться в течение учебного года. Квест предлагает область исследования, содержащую три комнаты. Все комнаты заставлены разной мебелью; в мебели спрятаны конверты с заданиями (рис. 2). Для прохождения квеста нужно их отыскать и ответить на вопросы которые в них содержатся.

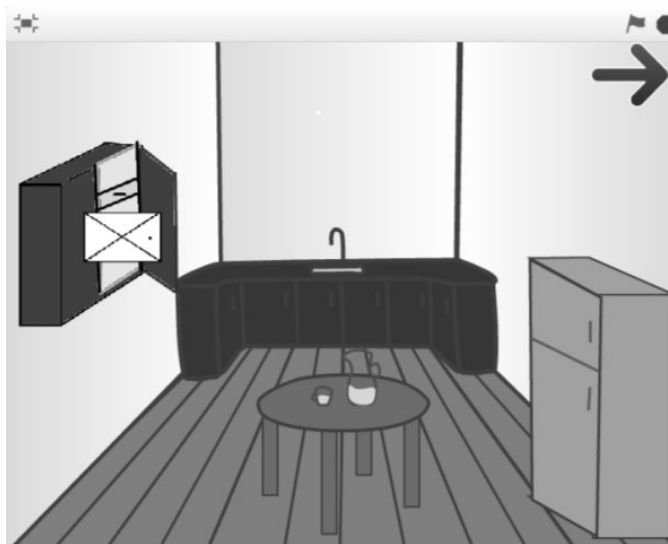


Рис. 2. Комната №1 в игре-квест

Также рассмотрим приведенный пример типичного блока отвечающего за открытие двери. При нажатии на спрайт двери, дверь открывается, (ее костюм меняется). Передается сообщение (сообщение 2) и меняется сцена (рис. 3).

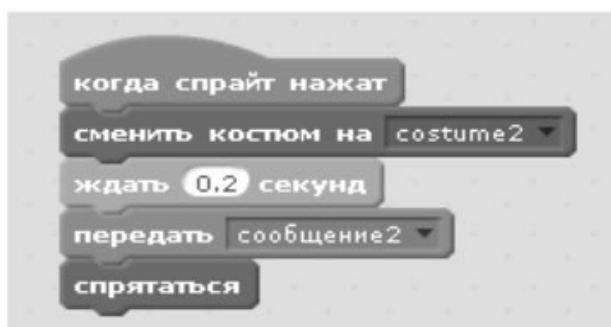


Рис. 3. Программа открытия двери и переход в другую комнату

страняется свободно на условиях сообщества Scratch предоставляет преподавателям широкий выбор образовательных материалов, примеров программ и т.д. Таким образом, любое образовательное учреждение может скачать программу из Интернет, и приступить к непосредственному изучению и работе в новой среде программирования.

Аналогичный принцип используется и при программировании поведения остальных спрайтов. После отыскания всех заданий квеста и ответа на них появляется финальная сцена и квест считается пройденным.

Использования языка Scratch позволяет не только «оживить» урок физики, но и улучшить восприятие и понимание материала. Программа Scratch распро-

Список литературы

1. Книга юных программистов на Scratch.// Голиков Денис, Голиков Артём // 2013
2. Сайт языка Scratch <https://scratch.mit.edu/>.
3. Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.0 license <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/>

ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОФЕССИОНАЛЬНУЮ ПОДГОТОВКУ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Ленеха С.Н.

ГПОУ «Донецкий электрометаллургический техникум», г. Донецк, ДНР

Slehekha@yandex.ru

Подготовка специалистов на всех уровнях системы профессионального образования в Донецкой Народной Республике в течение последних лет претерпевает существенные изменения, которые обусловлены экономическими и социальными преобразованиями в обществе. Появилось большое число новых специальностей, возросла потребность в профессионалах, способных успешно работать в новых условиях. В связи с этим встает вопрос об изменении процесса подготовки будущих специалистов в учебных заведениях в соответствии с задачами, которые ставит рынок труда. Данными факторами объясняется необходимость поиска адекватных новому содержанию технологий обучения.

В настоящее время в ДНР идет становление новой системы образования. Этот процесс сопровождается существенными изменениями в педагогической теории и практике учебно-воспитательного процесса.

Подготовка специалистов в профессиональных образовательных учреждениях обогащается новыми процессуальными умениями, развитием способностей оперирования информацией, творческим решением проблем науки и рыночной практики с акцентом на индивидуализацию образовательных программ. Развитие современного образования и воспитания составляют интеллектуальные умения студентов, их мыслительные и коммуникативные навыки, умение решать разнообразные проблемы, работать с количественными данными и продуктивно сотрудничать с другими людьми.

Многие ученые и практики отмечают, что главными недостатками современного образования являются:

- несформированность у студентов достаточной компетентности;
- неумение использовать полученные знания на практике;
- неучтенность индивидуальных особенностей студента.

Поэтому в педагогическую деятельность внедряются новые преобразования – инновации (нововведения). Нужно отметить, что в современных условиях среди педагогических инноваций преобладают личностно-ориентированные технологии. Это – модульно-рейтинговая технология, технология организации самостоятельной работы студентов, информационные технологии, компьютерные технологии обучения и контроля знаний, умений и навыков и др.

Я считаю, что личностно-ориентированные технологии ставят личность студента в центре внимания педагога, в них деятельность учения – познавательная деятельность, а не преподавание, является ведущей в тандеме преподаватель – студент.

На мой взгляд, в условиях личностно-ориентированного обучения педагог приобретает иную роль и функцию в учебном процессе, несколько не менее значимую, чем при традиционной системе обучения, но иную. И это важно осознать. Если при традиционной системе образования преподаватель вместе с учебником были основными и наиболее компетентными источниками знания, а педагог являлся к тому же и контролирующим объектом познания, то при новой парадигме образования преподаватель выступает в роли организатора самостоятельной активной познавательной деятельности студентов, компетентного консультанта и помощника. Его профессиональные умения направлены не просто на контроль знаний и умений обучаемых, а на диагностику их деятельности, чтобы вовремя помочь квалифицированными действиями устранить намечающиеся трудности в познании и применении знаний. Эта роль значительно более сложная, нежели при традиционном обучении, и требует от педагога более высокой степени мастерства.

Опыт работы показывает, что личностно-ориентированное обучение предусматривает по сути своей дифференцированный подход к обучению с учетом уровня интеллектуального развития студента, а также его подготовки по данному предмету, его способностей и задатков. Необходимо всегда иметь в виду целостную личность студента с его эмоциональной и духовной сферой.

Реализация личностно-ориентированной технологии может осуществляться через: обучение в сотрудничестве; метод проектов; разноуровневое обучение.

Главная идея обучения в сотрудничестве – учиться вместе, а не просто что-то выполнять вместе. Студенты учатся вместе работать, учиться, творить, всегда быть готовыми прийти друг к другу на помощь. Они при этом становятся друзьями не только на время выполнения общих заданий на занятии, их симпатии и заинтересованность в успехах других переходят на их жизнь и вне учебного заведения, становятся качествами их личности.

Метод проектов предполагает строить обучение на активной основе. Очень важно показать студентам их собственную заинтересованность в приобретаемых знаниях, которые могут и должны пригодиться им в жизни. Но для чего, когда? Вот тут-то и требуется проблема, взятая из реальной жизни, знакомая и значимая для студента, для решения которой ему необходимо приложить полученные знания и новые, которые предстоит еще приобрести. Где, каким образом? Педагог может подсказать новые источники информации или просто направить мысль обучаемых в нужную сторону для самостоятельного поиска. В результате студенты

должны самостоятельно или совместными усилиями решить проблему, применив необходимые знания подчас из разных областей, получить реальный и ощутимый результат. Решение проблемы, таким образом, приобретает контуры проектной деятельности.

Я считаю, чтобы применять метод проектов, следует научить наших студентов самостоятельно мыслить; умению находить и решать проблемы, привлекая для этой цели знания из разных областей; способность прогнозировать результаты и возможные последствия разных вариантов решения; умения устанавливать причинно-следственные связи.

Метод проектов всегда ориентирован на самостоятельную деятельность студентов – индивидуальную, парную, групповую, которую они выполняют в течение определенного отрезка времени. Этот метод органично сочетается с обучением в сотрудничестве.

Еще одним видом обучения при личностно-ориентированном подходе является разноуровневое обучение, т.е. дифференцированное. Дифференциация может осуществляться по общим способностям. В этом случае учитываются уровень обученности, развития обучаемого, отдельных особенностей психического развития – памяти, мышления, познавательной деятельности. При разноуровневом обучении каждому студенту предоставляется шанс построить обучение таким образом, чтобы максимально использовать его возможности.

Сегодня большое значение имеет внедрение в образовательный и воспитательный процесс информационно-коммуникационных технологий.

Я провожу занятия с использованием различных мультимедийных презентаций, а в их разработку стараюсь подключить и студентов. Эта очень интересная и творческая работа. Кроме того, в своей работе я использую различные электронные учебники, которые помогают более наглядно, доступно объяснить тот или иной материал студентам, закрепить пройденный материал, выполнить тестовые задания, воспользоваться виртуальной лабораторией.

Я считаю, что такой образовательный процесс предусматривает раскрытие и наиболее полное развитие личности. Общая деятельность студентов в процессе познания и овладения учебным материалом означает, что каждый делает индивидуальный вклад в учебный процесс, когда происходит обмен знаниями, идеями, способами деятельности. Эти положения сегодня очень важны в учебно-воспитательном процессе любого учебного заведения. Если раньше главной задачей в подготовке к профессиональной деятельности было научить специалиста работать, то сейчас этот тезис трансформируется в общий: научить специалиста жить, использовать полученные в учебном заведении профессиональные знания для организации своей жизни и жизни общества.

Инновационные технологии в профессиональном образовании повышают эффективность обучения и воспитания личности и направлены

на подготовку высококвалифицированных специалистов, получивших фундаментальные и прикладные знания.

Таким образом, создавать новое – это и есть инновация. Образование по своей сути уже является инновацией. В результате работы у меня сложилось свое, пусть субъективное видение процесса инновации в образовании. Это некий умственный потенциал беспокойных, жаждущих творчества в педагогике людей.

Список литературы

1. Зверева Н.А. Применение современных педагогических технологий в среднем профессиональном образовании / Н.А.Зверева // Инновационные педагогические технологии: материалы II междунар. науч. конф. (г. Казань, май 2015 г.). – Казань: Бук, 2015. – С. 161-164.
2. Мухина С.А., Соловьева А.А. Современные инновационные технологии обучения / С.А.Мухина, А.А.Соловьева. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2008. – 360 с.
3. Панина Т.С. Современные способы активизации обучения: учеб. пособие / под ред. Л.Н. Вавиловой. – М.: Академия 2011. – 176 с.

УДК 372.853

ИССЛЕДОВАНИЕ МОТИВАЦИИ ШКОЛЬНИКОВ К ИЗУЧЕНИЮ ФИЗИКИ

Малюк Н.Г., канд. физ.-мат. наук, доцент
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
malukn@ya.ru

Введение. Мотивация учебной деятельности школьников чрезвычайно важный элемент не только учебы, но и любой познавательной деятельности человека, способствует развитию мышления, приобретению устойчивых знаний, необходимых для успешной деятельности личности в дальнейшей жизни. Известно, что без мотивации учеников бесполезна любая самая передовая педагогическая технология. В толковом психологическом словаре термин «мотивация» определен как совокупность побуждений, вызывающих активность организма и определяющих ее направленность.

Следует различать понятия «мотивация» и «мотив», под которым понимают то, что приводит в движение и является толчком, стимулом. Л.И. Божович выделила две группы мотивов учения: связанные с самой учебной деятельностью (ее содержанием и процессом) и лежащие вне учебной деятельности (широкие социальные мотивы) [1]. При этом в качестве объектов, вызывающих деятельность человека, могут быть как внешние, так и внутренние факторы. К внешним мотивам можно отнести социальные мотивы, мотивы самоутверждения, социального сотрудни-

чества. Внутренняя мотивация характеризуется ее нацеленностью на получение конкретного результата от определенной деятельности и достижения поставленной цели.

Актуальность работы определяется тем, что в общеобразовательных школах наблюдается тенденция снижения учебной мотивации и познавательной активности учащихся к предметам естественно-научного цикла. Так наиболее острые проблемы при обучении физике связаны, прежде всего с отсутствием мотивов к ее изучению у основной массы учащихся, следствием чего является снижение уровня знаний по физике у выпускников всех учебных заведений. Для исправления сложившегося положения учителю необходимо иметь представления о мотивационной сфере учеников, чтобы активно влиять на нее.

Исследование мотивационной сферы направлено на выявление как осознаваемых, так и неосознаваемых мотивов деятельности учащихся. Для диагностики мотивации у учащихся используются различные наблюдения, а также целый ряд тестов и опросников. В данной работе применялся адаптированный метод письменного анкетирования учащихся, предложенный Желеевой А.В. [2] с использованием методики изучения мотивации обучения М.Р. Гинзбурга [3]. Диагностическая анкета содержит 14 вопросов, к которым приводится от 4 до 6 вариантов ответов. Школьникам предлагается отметить 3 из них, чтобы была исключена случайность выбора и получены более объективные результаты.

Описанная методика использовалась для исследования мотивации старшеклассников, обучающихся в различных общеобразовательных, гимназических классах, школе «Юного физика» при физико-техническом факультете ДонНУ и среди участников предметной олимпиады по физике ДонНУ. В опросе приняли участие 302 человека.

Приведем некоторые результаты исследования. Сравнительная картина итогового уровня мотивации участников олимпиады и учеников общеобразовательной средней школы, представлена на рис. 1; и специализированного лицея Коллежа, на рис. 2.

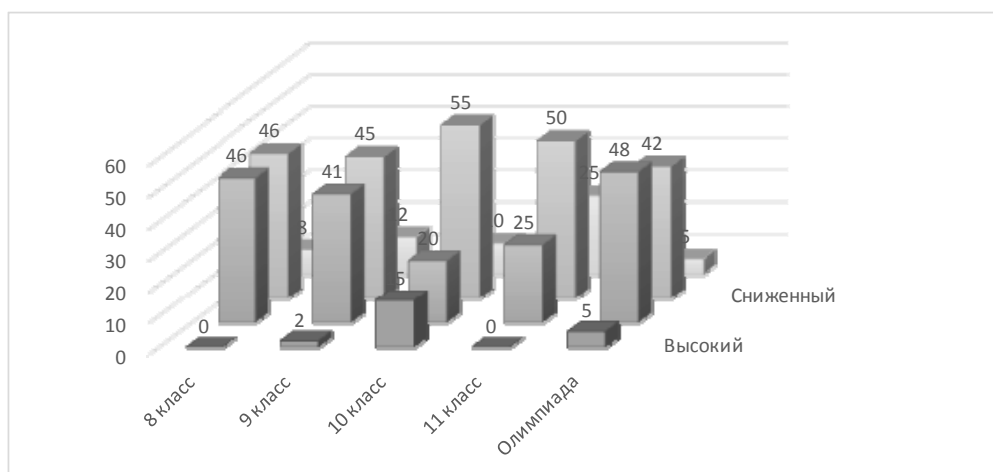


Рис. 1

Как видно из диаграмм, достаточно большой процент школьников имеет низкий и сниженный уровень мотивации при изучении физики во всех классах. Так доля учащихся с низким уровнем мотивации в средней школе растет от 8% в 8 классе до 25% в 11 классе (рис. 1). В то время как сниженный уровень мотивации имеют почти половина учащихся и практически не изменяется от класса к классу. Средний (нормальный) уровень мотивации убывает от почти 50% в 8 классе до 25% в 11 классе. Такие результаты могут быть обусловлены как низким уровнем преподавания, так и тем, что большинство учеников к 11-му классу уже определились с дальнейшим обучением, которое, очевидно, не связано с физикой. Высокий уровень незначителен во всех классах, кроме 10-го, где достигает максимального значения 15%.

В специализированном лицее (рис. 2) и среди участников олимпиады картина иная. Здесь, ожидаемо, доля учеников с высоким и достаточным уровнем мотивации заметно больше за исключением 9 класса, а доля учеников с низким уровнем мотивации ниже.

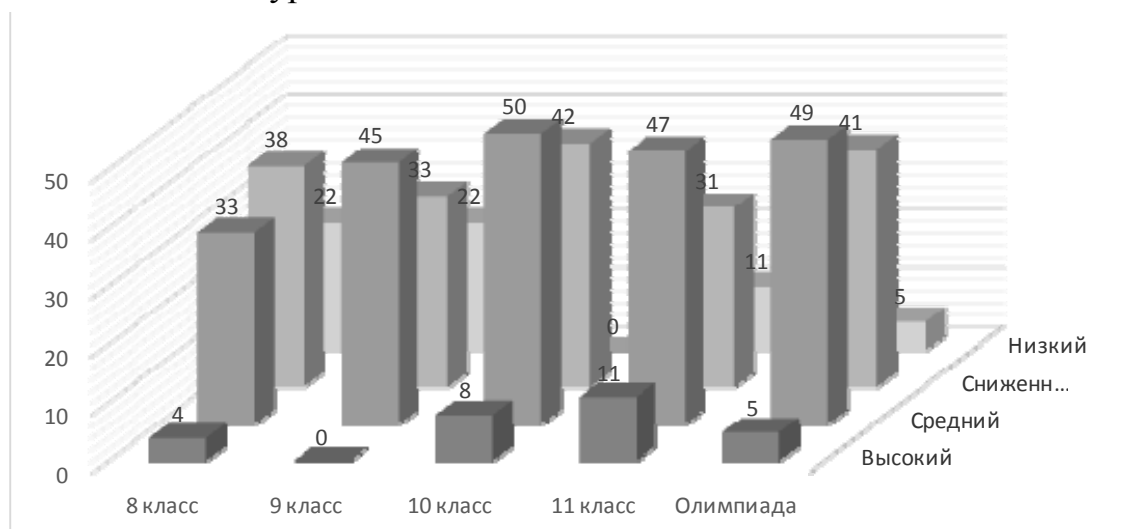


Рис. 2

Это объясняется в первую очередь тем, что многие учащиеся этой категории выбрали свою будущую профессию, связанную с физикой. Однако и здесь некоторый процент школьников имеет низкий уровень мотивации. Анализ их анкет показал, что они либо имеют пробелы в знаниях, не позволяющие успешно изучать предмет; либо в дальнейшем планируют получать образование в области, не связанной с естественными науками.

Такие результаты анкетирования позволяют заключить, что выбранная нами методика выявления уровня мотивации учеников, в целом, адекватно отражает этот фактор. Она позволяет изучить мотивационную сферу школьников, дать ей количественную оценку. Учитель получает представления о мотивах как отдельного ученика, так класса в целом, а также может отслеживать возникающие изменения при применении тех или иных методик, влияющих на мотивационную сферу обучаемых.

Использование этих сведений повышает эффективность учебной деятельности учащихся при изучении физики.

Список литературы

1. Божович Л.И. Проблемы развития мотивационной сферы ребенка / Л.И.Божович // Изучение мотивации поведения детей и подростков. – М., 1982.
2. Желеева А.В. Диагностика мотивации школьников к изучению физики / А.В.Желеева // Наука и школа. – 2015. – № 4. – С. 155-161.
3. Гинзбург М. Р. Диагностика учебной деятельности и интеллектуального развития детей / М.Р.Гинзбург. – М.: Просвещение, 1981. – 265 с.

УДК 378

ОБЗОР ПАКЕТОВ ОБРАБОТКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ

Романова В.В., канд. техн. наук,

Ивина О.А., канд. техн. наук

ФГБОУВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, Россия
romvvaer@mail.ru

Современный этап развития общества характеризуется стремительным развитием инновационных процессов в сфере образования. Требования к высшей школе сегодня определяются ситуацией, в которой находится государство, когда происходят глобальные процессы перераспределения труда. Главная задача, стоящая перед высшей школой – обеспечивать развитие потенциала будущих специалистов для созидательной, творческой деятельности. В качестве глобальной цели профессионального образования стоит цель научить будущего специалиста самостоятельно взаимодействовать с инновационно – развивающимся миром профессионального труда. Для многих структур, банков, фирм становятся необходимы не просто инженеры, экономисты, менеджеры, а специалисты по решению разного рода задач. Работа по подготовке таких специалистов в сочетании с широкой консультативной деятельностью может стать одной из перспектив в развитии отечественной высшей школы. Это предполагает использование новых педагогических и информационных технологий.

Современные информационные технологии в статистике применяются на всех этапах разработки и проведения статистического наблюдения, включающих: разработку форм статистического наблюдения, формирование плана выборки, сбор и ввод данных, обработку и анализ данных, предоставление информации пользователю. Организуя и поводя исследования с бакалаврами и магистрами, мы сталкиваемся с необходимостью обработки результатов. В данной работе мы рассмотрим современные программные средства статистической обработки данных [1].

Методы статистической обработки данных используются во многих пакетах прикладных программ (ППП), например, Excel, MathCAD. В большинстве пакетов прикладных программ общего назначения статистические методы реализованы в минимальном объеме и позволяют рассчитать лишь сумму, среднее и некоторые другие простейшие функции. В наибольшей степени статистические методы используются в программах для работы с электронными таблицами, в частности, программе Microsoft Excel. Также в MS Excel невозможно построить качественные научные графики. MS Excel хорошо подходит для накопления данных, промежуточного преобразования, предварительных статистических прикидок, для построения некоторых видов диаграмм. Однако окончательный статистический анализ необходимо делать в программах, которые специально созданы для этих целей. Табличные процессоры, собственно, и явились той основой, на которой затем были созданы специализированные программы для статистической обработки данных. При этом табличные процессоры, в том числе MS Excel, остаются наиболее доступным средством аналитической обработки числовых данных для большинства пользователей [2]. Большими возможностями обладают специализированные ППП статистической обработки данных, предназначенные для специалистов со специальной подготовкой в области теории статистики.

Число статистических пакетов, получивших распространение достаточно велико (несколько десятков). Из зарубежных пакетов это STATGRAPHICS, SYSTAT, STATISTICA, SPSS, SAS, CSS. Из отечественных можно назвать пакет STADIA.

Пакеты STADIA и STATISTICA являются универсальными пакетами, содержащими большинство стандартных статистических методов. Пакеты SPSS и SyStat перенесены на персональные компьютеры с больших ЭВМ предыдущих поколений, поэтому, наряду с представительным набором тщательно реализованных вычислительных методов, они сохраняют и некоторые архаические элементы. Однако имеющиеся в них возможности командного языка могут быть весьма полезны для сложных задач обработки данных.

STADIA – это исчерпывающий набор самых современных и эффективных методов анализа: описательная статистика, критерии различия, категориальный, дисперсионный, корреляционный и спектральный анализ, сглаживание, фильтрация, прогнозирование, простая, множественная, пошаговая и нелинейная регрессия, дискриминантный, кластерный и факторный анализ, шкалирование, методы контроля качества, вычисление и согласие распределений, анализ и замена пропущенных значений.

STATISTICA – это современный пакет статистического анализа, в котором реализованы все новейшие компьютерные и математические методы анализа данных. Встроенные графический и текстовый редакторы с возможностью публикации в Интернет. Открытая архитектура:

возможность добавления процедур пользователя, в том числе с использованием встроенного языка программирования и языка макрокоманд [3].

Система STATISTICA может служить не только эффективным инструментом для научных исследований, но и чрезвычайно удобной средой для обучения методам статистического анализа. Система STATISTICA активно используется в учебном процессе в многих ведущих вузах России [3].

Правильное использование возможностей, предоставляемых современной компьютерной техникой, позволяет решить ряд задач, таких как оперативная обработка экспериментальных данных, возможность быстрой проверки некоторых теоретических предположений.

Обучение студентов проводится на базе общедоступной программы Excel и программы STATISTICA, предназначенных для численной обработки результатов экспериментальных работ. Ограничение рассмотренными программными средствами обусловлено спецификой математической и компьютерной подготовки студентов.

Несомненно, что в ближайшие годы значимость компьютерной обработки экспериментальных данных будет возрастать. В этой связи обучение студентов основным навыкам современной обработки экспериментальных данных является актуальной задачей, которой необходимо уделять должное внимание, чтобы не допустить отставание в этой области.

Список литературы

1. Ганичева А.В. Прикладная статистика: Учебник для вузов / А.В.Ганичева. – СПб.: Лань, 2017. – 172 с.
2. Яковлев В.Б. Статистика. Расчеты в microsoft excel: Учебник для вузов / В.Б.Яковлев. – Москва: Юрайт, 2017. – 354 с.
3. Компания StatSoft Russia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.statsoft.com> (дата обращения 3.09.2018).

УДК 378

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

Романова В.В., канд. техн. наук,

Ивина О.А., канд. техн. наук, ***Юдина Ю.Г.***

ФГБОУВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, Россия
romvvaer@mail.ru

Процесс контроля это одна из более трудоемких и ответственных операций в обучении, как для студентов, так и для преподавателя. С

другой стороны его верная постановка способствует улучшению свойства подготовки профессионалов. Различают несколько видов контроля: предварительный, текущий, итоговый. Систему контроля образуют экзамены и зачеты, устный опрос, контрольные работы, рефераты, лабораторные работы, отчеты по лабораторным (практическим) работам. Такие способы контролирования успеваемости студентов в настоящее время употребляют большая часть учебных заведений. Выбор форм контроля зависит от цели, содержания, способов, времени и места. Одним из более актуальных направлений развития компьютерных технологий в образовании является разработка специализированных систем проверки знаний студентов различными методами тестирования [1]. Активное внедрение различных методов тестирования помогает поддерживать образовательный уровень студентов, предоставляет преподавателю возможность уделять больше внимания индивидуальной работе со студентами.

В настоящее время более часто употребляются следующие варианты тестирования: автоматический, когда обучаемый выполняет задание в непосредственном диалоге с ЭВМ; полуавтоматический, когда задания выполняются письменно, а ответы с бланков вводятся в ЭВМ (решения не проверяются); автоматизированный, когда задания выполняются письменно, решения проверяются преподавателем, а в ЭВМ вводятся результаты проверки. Особенностью первых двух является отстраненность преподавателя от проверки результатов испытаний. В этом случае, объективность повышается.

Автоматическое тестирование дало следующие результаты: как форма контроля, она в особенности удобна при наличии доступа в систему, в сравнении с обычным опросом либо экзаменом автоматическое тестирование экономит время, активизирует процесс исследования материала. Также к достоинствам можно отнести простоту входа-выхода в систему; удачный интерфейс; минимальность информации, нужной для регистрации студента (логин и пароль), причем особенностью является, что никто другой войти и выполнить тестирование за него не сумеет; возможность автоматической проверки правильности данных студентами ответов преподавателем в любое время; сохранность данных в системе (в течении нужного периода времени). Положительной стороной данного опыта является то, что студенты находятся в одинаковых условиях, исключаются жалобы на необъективность экзаменатора. Ранее при старой системе контроля по курсу «Информатика» требовалось достаточно много времени для опроса всех студентов. Для охвата всей темы в тесте предлагается 30-35 вопросов. По окончании проведения контроля оценку ставит сама машина [2].

Задания предлагаются, как правило, с ответами в закрытой форме, когда необходимо выбрать один из нескольких предложенных ответов либо в “открытой форме”, когда необходимо вставить пропущенное слово.

Тесты представляет собой список вопросов, каждый из которых снабжен 4–5 вариантами ответов; задача студента – выбрать правильный. Такие «закрытые тесты» должны обрабатываться автоматически, они предназначены в первую очередь для компьютерных методов проверки уровня знаний студентов. Но наибольшее количество усилий и времени тратится на создание работоспособных (надежных, информативных, валидных) вопросов. Тест не отменяет другие формы контроля, он может использоваться в качестве экзамена, зачета по разделу или по конкретной теме.

При составлении заданий теста следует соблюдать ряд правил, нужных для создания надежного, сбалансированного инструмента оценки. Тест не должен быть нагружен второстепенными определениями, в тест желательно включать чёткие формулировки из учебника, либо фрагменты из него. Задания теста обязаны быть сформулированы верно, коротко и недвусмысленно, чтоб все студенты понимали смысл того, что у них спрашивается. Варианты ответов на каждое задание обязаны подбираться таким образом, чтобы исключались способности обычной догадки либо отбрасывания заранее неподходящего ответа.

Рассмотрим использование тестирования для определения доступности лекции. К примеру, в потоке у лектора несколько групп, и во всех проведено тестирование по заданному разделу курса. В тесте имеется определенное количество теоретических вопросов и практических задач. Каждый вопрос соответствует какой-либо теме. По данной же теме в тесте прилагается практическая задача. Если студенты во всех группах плохо справились с каким-либо теоретическим заданием и практической задачей к этому вопросу, следовательно, на лекции и на семинарах не уделено достаточного внимания данной теме, хотя нужно учесть, что группы неравномерны по контингенту и мере восприятия материала [3].

Одним из недостатков тестового способа контроля знаний студентов является то, что создание тестов, их унификация и анализ — это кропотливая работа, чтоб довести тест до полной готовности к применению нужно собирать статистические данные, хотя бы с потоком студентов. Не смотря на указанные недочеты тестирования, как способа контроля, его положительные свойства во многом говорят о целесообразности использования таковой технологии в учебных заведениях.

К достоинствам следует отнести: объективность, стимулирующее действие на познавательную деятельность студента; отсутствие негативного влияния на результаты тестирования таких факторов как настроение, уровень квалификации преподавателя; ориентированность на современные технические средства; универсальность, охват всех стадий процесса обучения.

Важно только, чтобы тесты не стали единственной формой контроля. К сожалению, тестам не всегда можно доверять и не потому, что они не востребованы как форма контроля знаний или неинформативны. А потому,

что многие тесты составляются преподавателями, не владеющими технологией тестирования, большинство тестовых заданий составляются без учета требований к их составлению. Тесты могут быть обучающими (как в середине занятия, так и в конце), контролирующими (в конце изученной темы, в конце семестра), рубежными (итоговые). В действительности тест никогда не может быть окончательно готовым, поскольку содержание дисциплин в высшей школе все время меняется и приходится постоянно обновлять как учебные элементы, так и тестовые вопросы.

Перспективное направление - использование разработанных средств контроля посредством размещения программных средств тестирования на ресурсах удаленного доступа, в частности на сайте вуза и использование интернет-тренажеров [1]. Интернет-тренажеры позволяют самостоятельно подготовить студентов не только к внешним, но и к внутренним процедурам контроля качества знаний.

Активное внедрение в учебный процесс информационных и мультимедийных технологий, может существенно повлиять как на развитие и совершенствование подготовки студентов, так и на повышение качества образовательного процесса в целом.

Список литературы

1. Единый портал интернет-тестирования в сфере образования [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.i-exam.ru> (дата обращения 5.09.2018).
2. Макарова Н.В. Информатика: Учебник для вузов / Н.В.Макарова, В.В.Болков. – СПб.: Питер, 2015. – 576 с.
3. Асютина О.А. О средствах оптимизации контроля качества учебного процесса в вузе / О.А.Асютина // Конвергентные технологии XXI: вариативность, комбинаторика, коммуникация: сб. трудов. – Симферополь, 2017. – С. 26-30.

УДК 371.322.9:53

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЧЕБНОЙ АНИМАЦИИ НА УРОКЕ ФИЗИКИ В ПРОЦЕССЕ ИЗЛОЖЕНИЯ НОВОГО МАТЕРИАЛА

Чебанова В.А., Бондарь Е.Д.,

Безус А.В., канд. физ.-мат. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

Chebanowa2015@yandex.ru

Введение. Обучение школьников требует от преподавателя особого подхода, эффективного и максимально креативного. Это необходимо в первую очередь для того, чтобы активизировать познавательную деятельность учащихся, сформировать мотивы учебы и желание у учащихся решать познавательные задачи.

В педагогической практике используются различные пути активизации познавательной деятельности. Одним из основных направлений в этой области является компьютерная анимация (мультфильмы).

Анимация, позволяет спроецировать на экране любую информацию. Учебный материал, представленный таким образом, вызывает у обучаемого положительные эмоции, повышает интерес к предмету, позитивно сказывается на качестве усвоения знаний. Использование такого метода обучения обеспечивает восприятие информации одновременно несколькими органами чувств. При этом информация предстаёт в наиболее привычных для современного человека формах: аудиоинформации (звуковой), видеоинформации, анимации (мультипликации, оживления).

Актуальность данного исследования определяется важностью наглядности для изучения и понимания физических явлений. Мультфильм для школьника является наиболее понятным и интересным средством для представления учебной информации, он вызывает заинтересованность в предмете, активизирует познавательную деятельность и мотивирует к обучению. Использование короткометражных мультфильмов в процессе изложения нового материала способствует лучшему запоминанию тех или иных понятий, явлений.

Целью данного исследования является разработка методики применения созданного ранее мультфильма в процессе изложения нового материала.

Для реализации поставленной цели разработан мультипликационный фильм по мотивам первого рассказа из сборника качественных задач к. пед. н. И. Н. Пустынниковой и магистра Ю. А. Семенюк «Кто что сказал?» [1]. Это интересная история про трех друзей: котика Мурчика – веселого озорника, собачку Гавчика – забавного толстяка и девочку Оксану – любознательную и умную (рис.1).

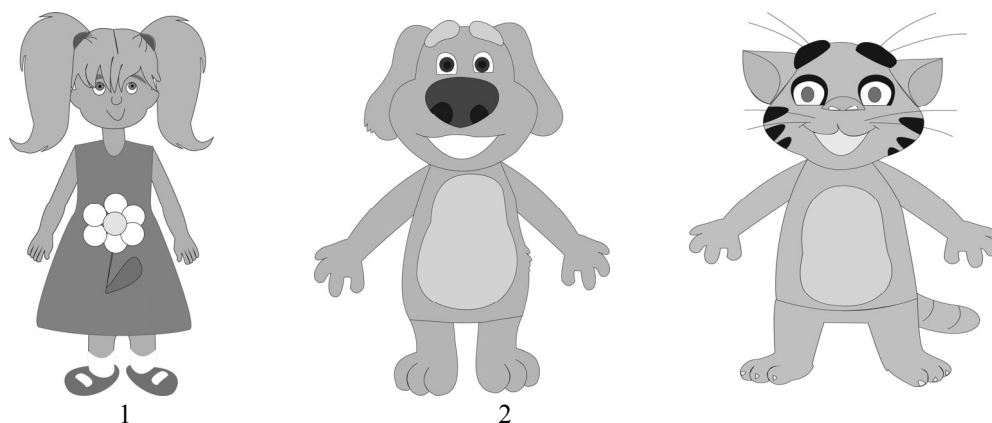


Рис. 1. Главные персонажи: 1 – Оксанка; 2 – Гавчик; 3 – Мурчик.

Гавчик и Мурчик, умываясь утром, в ванной комнате обнаружили, что по ощущению температура разных тел различна. Ситуация, в которую они

попали, неоднократно случалась в жизни многих учащихся и вызывала те же вопросы, что возникли у персонажей мультлика. Оксанка объясняет друзьям, почему так происходит на основе теплопроводности [2]. Пояснение этого теплопроводности в мультфильме, полученное в нестандартной форме, помогает повысить интерес учащихся к физике, а принцип наглядности способствует осознанному и более стойкому развитию внимания и памяти.

Созданный мультипликационный фильм целесообразно использовать при изучении нового материала по теме «Виды теплопередач. Теплопроводность», которая изучается в школе в 8 классе [3].

Для наилучшего восприятия учениками информации при показе мультфильма учитель может, остановить кадр и попросить прокомментировать учеников увиденное на экране, или, выполнив мысленный эксперимент, попробовать описать дальнейшее протекание процесса. Таким образом, можно выйти или на проблемную ситуацию, связав ее с темой урока, или иллюстративно закрепить изученное [4]. Задача учителя при этом заключается в постановке проблемы, в процессе помощи поиска решения проблемы и заключительном подведении итогов обсуждения с введением определений понятий и четкой формулировкой основных выводов.

В **заключении** следует отметить, что анимация - это одно из самых эффективных средств, помогающих значительно разнообразить процесс обучения. Она существенно расширяет возможности организации и управления учебной деятельностью и позволяет реализовать огромный потенциал перспективных методических разработок. Использование анимации позволяет координировать учебный процесс. Кроме того, урок с использованием учебной анимации становится интересней, насыщеннее и в нем в полной мере реализуется принцип наглядности, принцип доступности информации. Также использование анимации на уроке позволяет привлечь детей к более глубокому изучению материала. И все это напрямую влияет на качество усвоения знаний учащихся.

Список литературы

1. Пустынникова И.Н. «Хто що сказав?»: сборник качественных задач по физике / И.Н.Пустынникова, Ю.О.Семенюк. – Донецк, ДонНУ, 2014. – 63 с.
2. Бондарь Е.Д. Создание короткометражного мультфильма к разделу «Молекулярная физика» / Е.Д.Бондарь, В.А.Чебанова // Материалы Международной научной конференции студентов и молодых ученых. – Том 1: Физико-математические и технические науки / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: ДонНУ, 2017 – С. 220-221.
3. Физика: 7-9 кл.: программа для общеобразовательных организаций / Сост. Охрименко Н.А., Литвиненко И.Н., Лысенко М.М., Остапенко А.В., Поступаев А.А., Свичкарь Л.Л., Щебетун Л.В.; ДИППО. – Донецк: Истоки, 2015. – 23 с.
4. Даниленко О. В. Повышение эффективности процесса усвоения учебного материала младшими школьниками в условиях компьютеризации обучения/ О. В. Даниленко. – М.: Дрофа, 2000. – 268 с

ПОВЫШЕНИЕ ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРЕСА ШКОЛЬНИКОВ К «ФИЗИКЕ СПОРТА» С ПОМОЩЬЮ КОМИКСОВ

Юдина В.С.,

Пустынникова И.Н., канд. пед. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

yudina.viktorya@yandex.ua

Используемые учителем приемы и методы познавательной деятельности учащихся в обучении должны предусматривать постепенное, целенаправленное и планомерное развитие их мышления и одновременное формирование у детей мотивов учения. Мотивы, побуждающие к приобретению знаний, могут быть различными. К ним относятся, прежде всего, широкие социальные мотивы: необходимо хорошо учиться, чтобы в будущем овладеть желаемой специальностью; чувство долга; ответственность перед коллективом и т.д. Однако, как показывают исследования, среди всех мотивов обучения самым действенным является интерес к предмету. Интерес к предмету осознается учащимися раньше, чем другие мотивы, им они чаще руководствуются в своей деятельности, он для них более значим, и поэтому является действенным, реальным мотивом учения.

Для повышения познавательного интереса к предмету учитель может использовать такие средства обучения, которые будут привлекать ученика, располагать его к совместной деятельности с одноклассниками и учителем. Повышать интерес можно с помощью нетрадиционных средств обучения, одним из которых являются комиксы. Обучающие комиксы должны вызывать удивление и потребность обратиться к соответствующему параграфу учебника. Использование комиксов по физике позволяет учащимся наглядно представлять явления и, тем самым, способствует процессу формирования понятий, активизируя познавательную деятельность учащихся [1]. Традиционно очень большую роль играют комиксы в культуре Японии. Японских детей даже в школе учат рисовать такие истории. Манга (японские комиксы) составляют около 30% всей печатной продукции страны и читаются независимо от возраста и пола. Комикс [2] никак не назовёшь учебником физики, хотя в нем, как и положено учебнику, вводятся основные понятия классической механики. Каждая тема начинается комиксами, а заканчивается повторением и уточнением полученных знаний. Вместо заучивания сухих формул и примитивных примеров герои комикса решают свои «животрепещущие» проблемы. Например, симпатичный призёр олимпиады по физике Риота объясняет своей однокласснице-спортсменке и неисправимой фантазёрке Мегуми, почему ей не удаётся игра в теннис. Существует целая серия

образовательной манги по физике, математике и другим дисциплинам. Они успешно используются в обучении. Комиксы-книги, являющиеся необычным по форме и содержанию введением в механику и геометрическую оптику [3; 4], были созданы в СССР в конце прошлого века.

Природа, быт, техника, спорт и все то, что нас окружает, подчинено единым законам происхождения и развития – законам физики. Физика является незаменимым другом фигуристов, хоккеистов, помогает быстро и красиво двигаться, а техническому персоналу правильно заливать каток.

Физика также имеет тесную связь с футболом. В футбол играли такие корифеи науки, как Ф. Астон и Э. Резерфорд, Ф. Жолио-Кюри. А Н. Бор в свое время был даже запасным вратарем сборной Дании по футболу. Футбол представляет собой яркую и многовариантную демонстрацию такого распространенного в природе явления как удар, законы которого объясняет физика. Истинные болельщики наверняка помнят штрафной удар бразильца Роберто Карлоса на турнире во Франции летом 1997 года, который мастерски использовал эффект Магнуса, объясненный еще в 1852 году. Физика нужна и велосипедистам [5]. Главные герои комикса «Зачем физика велосипедисту?» – школьники Саша и Маша, и кот Тишка – лучшие друзья, которые вместе изучают физику (рис. 1).



Рис. 1. Равновесие велосипеда

Ребята вместе обсуждают, как поддерживать равновесие при катании на велосипеде, а также, что самое главное при обучении основам езды на велосипеде (рис. 2).



Рис. 2. Основы езды на велосипеде

Как показывает практика, наличие познавательных интересов у школьников способствует росту их активности на уроках, формирует желание углубиться в суть изучаемого. Однако очень часто познавательная направленность ученика средних классов носит избирательный характер. Когда те или иные понятия, предметы или явления представляются ему важными, имеющими жизненную значимость, тогда он с увлечением ими занимается, старается все это глубоко изучить. В противном случае интерес ученика носит случайный, поверхностный характер, но главной целью каждого учителя является сделать его систематическим, тогда интерес учащихся к отдельным явлениям, фактам, законам перерастет в стремление овладеть методами познания – теоретическими и экспериментальными, приближающимися в старших классах к методам науки.

Список литературы

1. Пустынникова И.Н. Активизация познавательной деятельности учащихся с помощью комиксов / И.Н.Пустынникова, В.С.Юдина // Вестник БелИРО. 2017. № 1(3). – С. 61-66.
2. Нитта Х. Занимательная физика. Механика. Манга / Хидео Нитта, Кейта Такацу (худож.); пер. Анненкова М.А. / Х.Нитта. – М.: Додэка-XXI, 2011. – 240 с.: ил. – (Серия «Образовательная манга»).
3. Генденштейн Л.Э. Открываем законы физики. Механика / Л.Э.Генденштейн, М.Л.Курдюмов, Е.И. Вишневский. – М.: Мир, 1992. – 265 с.
4. Генденштейн Л.Э. О свете в цвете. Оптика. Выпуск 1. Отражение / Л.Э.Генденштейн, Л.К. Сторожук. – М.: Мир, 1991. – 48 с.
5. Почему велосипед не падает // электрон. журнал Популярная Механика URL: <https://www.popmech.ru/technologies/11534-pochemu-ne-padaet-velik-potryasenie-ustoev/#part0> (дата обращения: 15.09.2018).

Компьютерные технологии

УДК 004.89

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА МИРОВОГО РЫНКА ФРИЛАНСА

Алябьев Б.В., Шарий Т.В., канд. техн. наук, доцент
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
tsphere@mail.ru

В настоящее время наблюдается значительный рост рынка фриланса по всему миру. Это связано как с последствиями экономических кризисов, так и с обширной компьютеризацией всех областей деятельности человека. Компании все чаще продвигают свои услуги через интернет с целью максимального сокращения расходов, а спрос на специалистов в сфере информационных технологий продолжает стремительно увеличиваться. В связи с этим, анализ данных рынка мирового фриланса сегодня имеет важное научное и практическое значение. Ключевой его целью является предиктивное моделирование в сфере IT-услуг и выявление возможных скрытых закономерностей в структуре современного фриланса. Специфика предметной области требует организации продуманной инфраструктуры с применением эффективных методов интеллектуального анализа данных (Data Mining) [1, 2]. В рамках данного исследования разрабатывается информационная система, структура которой приведена на рис.1.

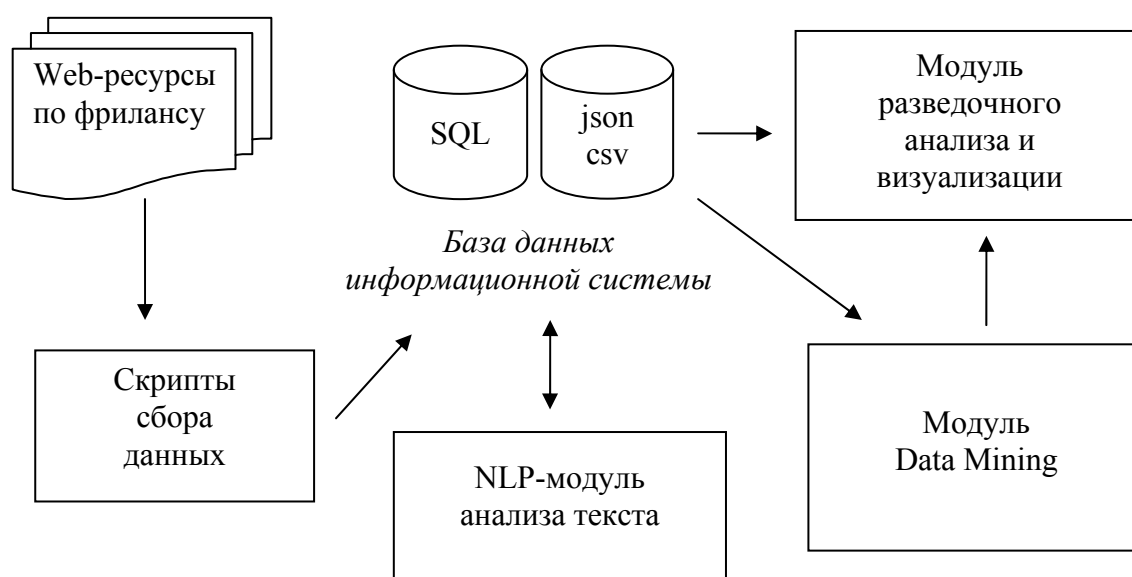


Рис. 1. Структура информационной системы анализа рынка фриланса

Процесс интеллектуального анализа данных включает три основных этапа: сбор данных и визуальный разведочный анализ, построение модели,

валидация/верификация. Сбором и подготовкой данных в разрабатываемой системе занимаются специальные модули и скрипты, которые автоматически извлекают информацию из основных web-ресурсов для фрилансеров (upwork.com, guru.com) с заданной периодичностью и сохраняют ее в собственную базу данных и файлы форматов json и csv. Информационная система предназначена для анализа большого числа параметров, связанных с проектами, заказчиками и фрилансерами, важнейшими из которых являются пол, возраст, страна проживания и рождения фрилансера / заказчика, навыки и специализация, ценовая политика (стоимость услуг в час), история созданных проектов заказчика и реализованных проектов фрилансера. Также в системе предусмотрен специальный модуль анализа текстовых отзывов от заказчиков, дополняющий полезную информацию с помощью методов обработки естественного текста (Natural Language Processing, NLP).

Разведочный анализ автоматически собранных и сгруппированных данных производится в модуле визуализации. Этот модуль позволяет исследователю просматривать гистограммы и другие удобные графики с целью изучения статистических свойств выборок анализируемых параметров (распределение, наличие выбросов, шумовых или пустых значений, необходимость нормировки или иных преобразований). В качестве инструментария анализа используются, преимущественно, пакеты Python statsmodels, pandas, scikit-learn, keras, matplotlib.

В центральном модуле решаются задачи прогнозирования и объяснения данных рынка фриланса. В нем применяются классические статистические методы (корреляционный, регрессионный, факторный анализ, анализ временных рядов) и методы машинного обучения (деревья решений, нейронные сети, ансамбли моделей). Основными задачами модуля является предсказание на заданные временные интервалы: цен на определенные услуги фрилансеров; количество заказов в определенной сфере (выявление популярности конкретных типов услуг и технологий для их выполнения); регионального состава фрилансеров и заказчиков по отдельным категориям работ.

На данном этапе работы информационная система наполняется статистическими данными для обучения и валидации.

Список литературы

1. Leskovec J. Mining of Massive Datasets / Jure Leskovec, Anand Rajaraman, Jeffrey Ullman. – Cambridge University Press, 2014. – 511 p.
2. Шитиков В. К., Мاستицкий С. Э. Классификация, регрессия, алгоритмы Data Mining с использованием R (2017) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/ranalytics/data-mining>.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ И УЧЕТА СТУДЕНТОВ В ОБЩЕЖИТИИ

Бодряга В.В.

ГОУ ВПО Донецкий национальный университет, г. Донецк, ДНР
vvbod@yandex.ru

Введение. Информационная система (ИС) – автоматизированная система, предназначенная для организации, хранения, пополнения, поддержки и представления пользователям информации в соответствии с их запросами [1].

Взаимодействие информационной системы с потребителем, является одним из ресурсов, позволяющих повысить производительность труда и эффективность его деятельности. Использование информационных ресурсов таким образом позволяет минимизировать расход всех других видов ресурсов (материальных, трудовых, финансовых, вычислительных) при информационном обеспечении потребителей [2].

Актуальность проблемы. Автоматизация бумажного документооборота, взаимодействие между студентами и управляющим звеном студгородка, что позволит экономить время студентов и работников студенческого городка, ускорить процесс поселения, обмена информацией, а также уменьшить затраты средств на расходные материалы.

Целью работы заключается в проектировании и разработки информационной системы поселения и организации электронного документооборота с администрацией общежития.

Постановка задачи. Разработать web приложения обладающего следующим функционалом: ввод и редактирование информации в справочниках системы; Ввод и редактирование информации в справочниках системы, общей информации о студенте, а также информации о проживании студента в период обучения в университете (номера и даты соответствующих служебных записок); осуществление автоматизированного управления проживанием студентов: вселение, выселение, переезд в другие комнаты; обратная связь с администрацией студгородка.

Для достижения поставленной цели разработана следующая структура internet-приложения (рис). В соответствии с разработанной структурой была спроектирована главная страничка сайта, которая содержит все основные структурные элементы, переход по которым осуществляется с помощью гиперссылок.

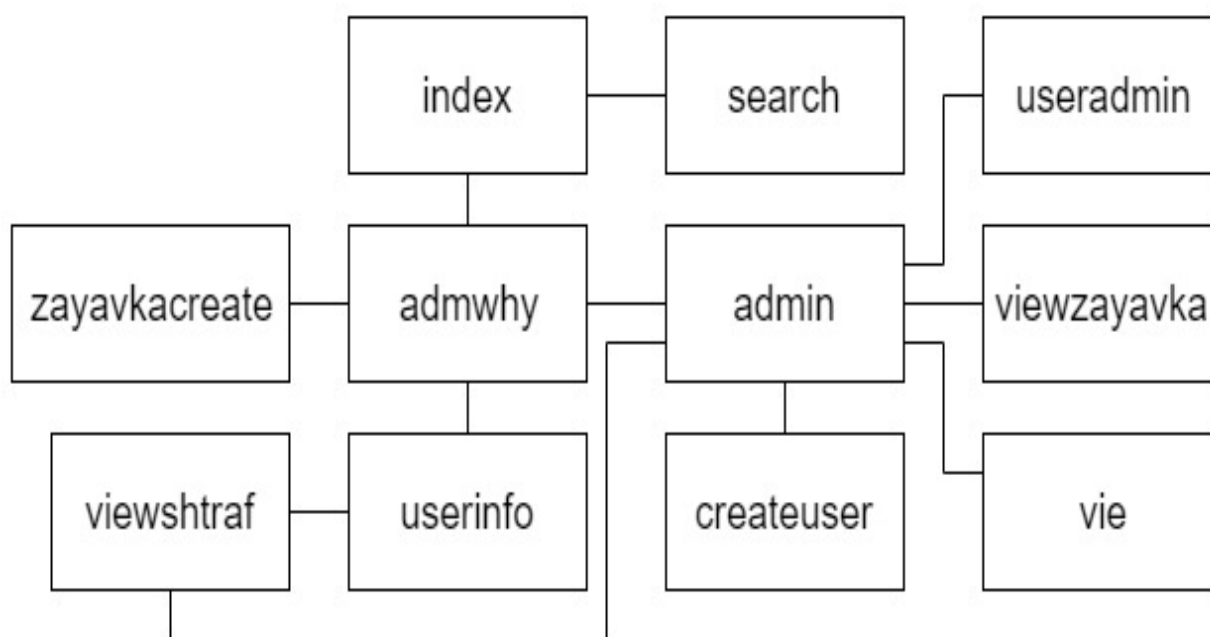


Рис. Структура internet-приложения

Результаты. В ходе выполнения получен полнофункциональный web-сайт, полностью готовый к применению. Данный сайт ориентирован на студентов. С его помощью пользователи смогут получать необходимую информацию и создавать заявки для взаимодействия с администрацией.

При разработке web-сайта были проанализированы современные web-технологии, позволяющие создавать интерактивные web-страницы. Наиболее подходящими для выполнения поставленной задачи оказались следующие продукты: Bootstrap, JavaScript, php, Joomla.

Разработанный сайт удовлетворяет всем требованиям, поставленным на этапе постановки задачи. При разработке web-сайта были использованы готовые модули аутентификации, форума и осуществления поиска по сайту. Данные модули были доработаны с учетом специфики web-сайта и успешно внедрены в его структуру.

В качестве дальнейшего совершенствования web-сайта связано с расширением функционала.

Список литературы

1. Семакин И.Г. Информационные системы и модели / И.Г.Семакин, Е.К.Хеннер // Бином. Лаборатория знаний. 2012. – 304 с.
2. Сенкевич Г.Е. Информационная система малого предприятия «с нуля». Самое необходимое / Г.Е Сенкевич. – БХВ-Петербург. 2012. – 400 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ШАБЛОНА MODEL-VIEW-CONTROLLER В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Бондаренко В.И.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
vitalii.bondarenko@donnu.ru

Моделирование процессов в период разливки стали, формирования металлургических изделий, а также в период внепечной обработки металла связано с решением сложнейших нелинейных многомерных уравнений для расчета гидродинамических и тепломассообменных процессов. Интегрированные математические пакеты, такие как Ansys, Mathlab и др., далеко не всегда применимы для реализации данных сложных моделей. Поэтому остается востребованным программное обеспечение (ПО), разрабатываемое под нужды каждого конкретного заказчика – металлургического предприятия, которое обладает удобным и понятным для конечного пользователя интерфейсом. При этом ПО для своей работы не должно требовать установки дополнительного программного окружения и может являться составной частью информационной системы предприятия.

При проектировании ПО предлагается использовать паттерн Модель-Представление-Контроллер (Model-View-Controller, MVC), который представляет собой схему разделения данных приложения, пользовательского интерфейса и управляющей логики на три отдельных компонента: модель, представление и контроллер таким образом, что модификация каждого компонента может осуществляться независимо от других [1].

Модель представляет данные и методы работы с ними. В описываемой системе в компонент «модель» входит класс, который осуществляет расчет поставленной задачи моделирования. Общий алгоритм выполнения расчета приведен на рисунке 1.

В данном случае модель является пассивной, контроллер отслеживает изменения модели и оповещает представление (view). Контроллером выступает набор классов и функций, преобразующих действия пользователя в операции над моделью. Здесь это команды управления счетом, задания значений, вывода окон с результатами, настройками и т.п. В нашем случае контроллер не инкапсулируется в какой-то определенный класс.

Компонент «view» отвечает за получение необходимых данных из модели и отображение их пользователю. Представление может влиять на состояние модели сообщая модели об этом.



Рис. 1. Общий алгоритм выполнения расчета в классе «Задача»

На рисунке 2 представлена схема графического интерфейса пользователя, реализующего компонент «view» [2].



Рис. 2. Схема графического интерфейса

Рассматриваемая в работе реализация является построением каркаса приложения с графическим интерфейсом на основе шаблона проектирования MVC. Использование данной реализации ускоряет процесс разработки за счет повторного использования проектных решений. При этом разработчику приходится придерживаться определенных ограничений при создании прикладной программы, т.к. используемый каркас диктует жесткую архитектуру приложения: общую структуру и разделения на классы, их взаимодействие и основной функционал.

С помощью описанной технологии был разработан ряд пакетов прикладных программ, которые внедрены на металлургических предприятиях Российской Федерации и Украины.

Список литературы

1. Patterns of Enterprise Application Architecture / M. Fowler и др. – Addison-Wesley Professional, 2002. – 560 с.
2. Visualization of Process of Wheel Steel High Ingots Simulation / V.I. Bondarenko и др. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – Т. 287.

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА ВНЕУЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ

Бондаренко В.И., Толстых М.А.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
atiragram77@gmail.com

Рассматриваются проблемы автоматизации учета и управления данными о внеучебной деятельности учащихся на примере работы студенческого профбюро.

Цель работы профбюро – объединение студентов для защиты своих социально-экономических прав и интересов, преумножения нравственных, культурных и научных ценностей общества, совместного решения студенческих проблем [1].

Профбюро собирает данные о культурно-массовой, спортивной, научной и др. деятельности студентов, с целью организации их досуга. С этой целью проводится ежегодное анкетирование первокурсников, данные анкет в ручном режиме вводятся в электронный документ.

Очевидно, что такая традиционная концепция учёта информации о доуниверситетской деятельности студентов не соответствует тенденциям развития современного информационного общества, а также не учитывает информацию об участии студентов в университетских мероприятиях. Многократный ручной ввод и множественное хранение одних и тех же данных, причём не всегда актуальных, – это расточительство для университета и неудобство для студентов.

Создание приложения автоматизации учетной деятельности профбюро в Internet-пространстве с использованием интеллектуальных технологий позволит профсоюзной организации и администрации университета хранить, модифицировать и автоматизировано потреблять данные в реальном времени. Кроме этого, что представляется наиболее интересным, система может предоставлять аналитические отчеты и рекомендации по принятию организационных решений (целевого подбора кандидатов на участие в мероприятиях). Студенты же смогут через Internet контролировать и дополнять данные о себе, оставляя для профбюро функции проверки и подтверждения данных [2].

Для достижения поставленной цели предлагается база данных, модель которой представлена на рис. 1.

Также нам необходимы и семантические данные, связывающие между собой объекты данных, их отношения и свойства. Эта информация представлена в виде семантической сети на рис. 2.

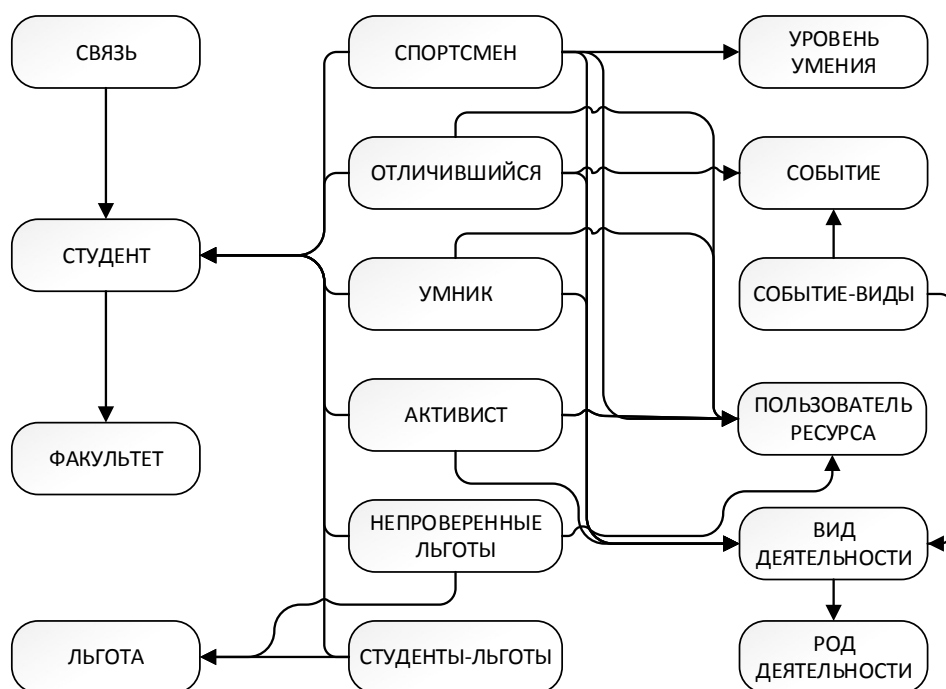


Рис. 1. Схема базы данных

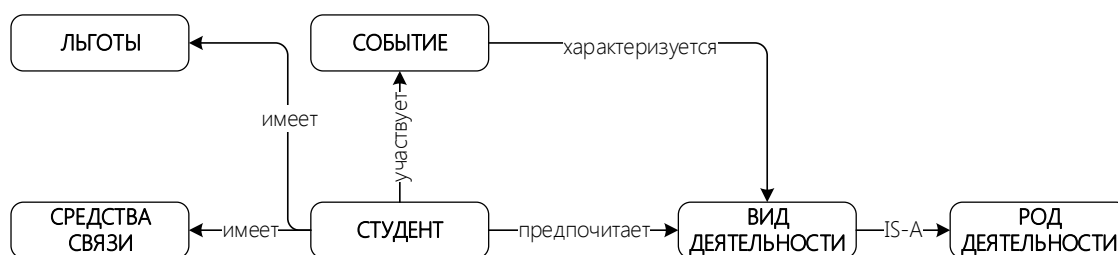


Рис. 2. Семантическая модель данных

Полученная база с семантическими метаданными представляет собой базу знаний, из которой с использованием технологии искусственного интеллекта можно получать новые знания и рекомендации по принятию решений.

Такую базу целесообразно подключать к корпоративной базе университета для автоматического заполнения регистрационными данными о студентах (таблица «Студент» на рис. 1). При дальнейшем расширении информационного пространства источником регистрационных данных студентов сможет выступать единая регистрационная база граждан [2].

Такой симбиоз информационных систем позволит существенно сократить время на заполнение базы и поддержку ее в актуальном состоянии.

Таким образом, после внедрения предложенной системы в обязанности операторов профбюро остается лишь вводить и верифицировать введенные студентами данные о своей доуниверситетской деятельности и данные об участии в студенческих мероприятиях.

Кроме автоматизации работы профбюро, результаты работы данной системы могут использоваться администрацией учебного заведения для распределения стипендии, поощрения активистов и т.п.

Список литературы

1. Документация ППОР ДонНУ [Электронный ресурс] / Протокол заседания профсоюзного комитета работников Донецкого национального университета № 2 от 14.09.2015. Донецк: ДонНУ, 2015.
URL: http://donnu.ru/public/insites/files/ПОЛОЖЕНИЕ_профбюро.pdf (дата обращения: 15.09.2018).
2. Толстых В.К., Киселева Л.Н. Единая регистрационная база граждан / В.К.Толстых, Л.Н.Киселева // Материалы конференции «Донецкие чтения 2016». – 2016. – Том 1. – С. 219-222.
3. Алгазинов Э.К. Анализ и компьютерное моделирование информационных процессов и систем: учеб. пособие для вузов / Э.К.Алгазинов, А.А.Сирота; под ред. А.А.Сироты. – М.: Диалог- МИФИ, 2009. 416 с.
4. Диго С.М. Проектирование и использование баз данных / С.М.Диго. – М.: Финансы и статистика, 1995. – 208 с.

УДК 622.1:528:518.5

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПЛАНА ГОРНЫХ РАБОТ

***Воробьев С.А., Решетняк Т.А., Кутепов Д.В., Ребенок Е.В.,
Винниченко Е.М.***

Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела (РАНИМИ) МОН, ДНР
ranimi@ranimi.org

За время работы горнодобывающего предприятия создается большой объем графических материалов, выполненных вручную. Современный уровень развития компьютерных технологий позволяет обеспечить иной, более высокий и качественный уровень хранения и обработки картографических материалов в организации, экономя время и средства на поиск и работу с ними.

Перевод бумажных документов в электронный вид позволяет решить ряд существующих проблем:

- электронная копия документа будет мгновенно доступна для пользователей;
- износ и риск утраты документов практически сведен к минимуму;
- время принятия решений с использованием электронных документов значительно сокращается.

В связи с этим, переход на электронные носители информации является актуальной задачей.

Электронные копии документов можно создавать сканированием документов или созданием электронных планов с помощью геоинформационных систем (ГИС).

Несмотря на большое количество существующих ГИС, остаются нерешенными задачи:

- перекрытия объектами поверхности информации о подземных горных выработках;
- большое количество сложных текстовых надписей;
- проблемы отображения объектов разных типов локализации в соответствии с принятыми условными обозначениями.

В настоящей статье предложены пути решения данных проблем при переводе горно-графической документации в электронный вид и создании электронных планов горных выработок [1].

Чтобы обеспечить видимость горных работ под большими объектами на поверхности (водоемы, здания, сооружения и т.п.) пришлось прибегнуть к следующему методу: вместо однородной заливки полигонов, представляющих эти объекты, они заливаются мелкой косой сеткой из стандартных заливок Windows. Из-за того, что сетка очень мелкая, создается эффект сплошной заливки и просвечиваются нижележащие объекты. В ГИС «ГеоМарк» [2], разработанной в отделе компьютерных технологий РАНМИ, предусмотрена переменная прозрачность заливки полигонов с шагом в 10%.

Тексты на планах горных работ гораздо сложнее, чем на обычных географических картах, т.к. по сути, это сложный технический текст, содержащий: латинские и греческие шрифты, верхние и нижние индексы (причем зачастую и тот, и другой одновременно), формулы, специальные символы и т.д. Пока ни один из известных векторизаторов ГИС не обладает такими возможностями.

Еще одно из ограничений - это соответствие шрифтов ГОСТу, решаемое возможностью программы редактирования шрифтов дополнять их спецсимволами.

Другой важной особенностью текстов на планах является то, что большая часть их пишется вдоль линии сложной формы (кривых разного вида, вплоть до окружности).

Все эти недостатки приводят к тому, что логически единый текст цифруется и корректируется как отдельные куски, что заметно увеличивает трудоемкость оцифровки и корректировки электронных планов (рис.1).

Большим достоинством ГИС «Геомарк» является то, что объекты могут отрисовываться условными обозначениями для данного масштаба, что позволяет автоматически изменять вид объектов в зависимости от

масштаба или не отрисовывать его, если он отсутствует в данном масштабе (вид крепления выработки, отмостки и др.). Такой способ создания полигонов позволяет легко и быстро отобразить все типы полигонов, встречающиеся на планах горных работ [3].

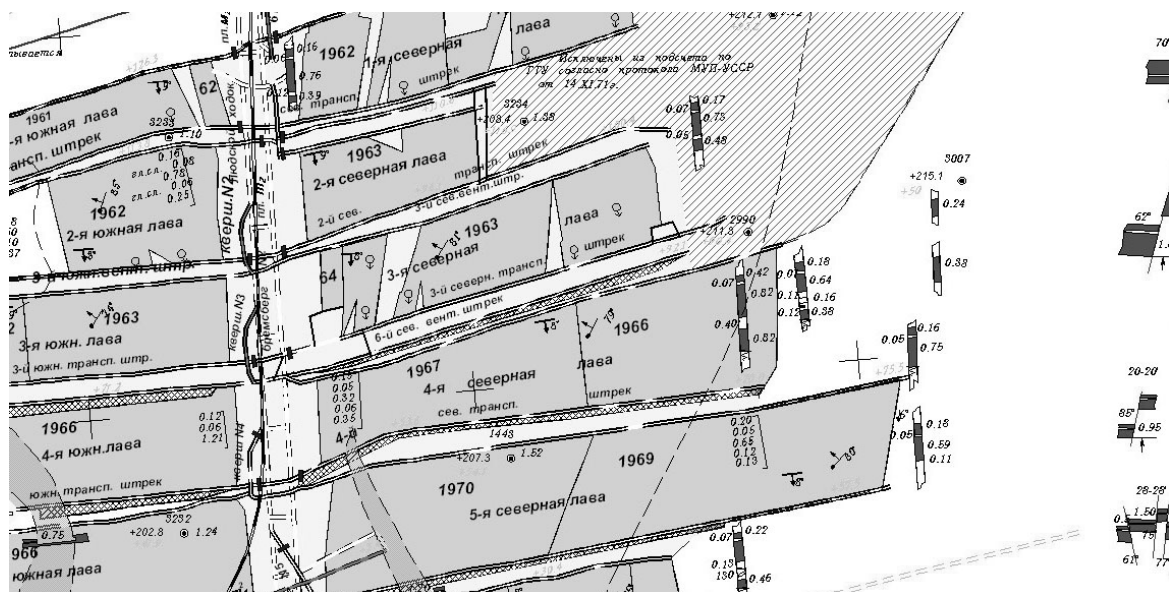


Рис. 1. План горных работ в электронном виде

С помощью ГИС получаем объекты любой сложности, при помощи которых создаются линейные объекты электронных планов. К сожалению, объекты, полученные тиражированием вдоль кривой сложного объекта не всегда правильно отрисовываются: не удастся корректно состыковать на изгибах широких линий. Если на отрезке кривой не помещается целое число сложных объектов, то следующий отрезок не всегда отрисовывается правильно, что заметно на коротких участках этой кривой.

Важным вопросом также является взаимосвязь картографических объектов. Когда изменение контура одного объекта влечет за собой изменение соседнего контура (например, выработанные пространства смежных годов, примыкающие целики и т.д.). Сейчас такие корректировки осуществляются по каждому объекту в отдельности, что заметно увеличивает объемы работ и вероятность появления ошибки. Для этого в ГИС «ГеоМарк» создана взаимосвязь точек соприкасаемых контуров и изменение одного контура влечет автоматическое изменение другого.

ГИС «ГеоМарк» обеспечивает поддержку и обработку интегрированных данных в любой тематической области. Разрабатываются новые технологические схемы создания электронной горной документации. Появилась возможность легкого создания резервных копий на электронных носителях для их быстрой передачи по сети, при этом риск потери важной информации сводится к минимуму.

Список литературы

1. Глухов А.А. Разработка геоинформационной системы, ориентированной на задачи горнодобывающей отрасли / А.А.Глухов, А.В.Анциферов, А.А.Омельченко // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1998. – №4. С.79-87.
2. Геоинформационная система для решения задач геофизики, геологии и маркшейдерии в горнодобывающей области: а.с. 19232 Украина. №1355910-11 / Глухов А.А., Воробьев С.А., Набокова В.В.; заявл. 21.11.06; опубл. 17.01.2007, Бюл. №4. 3 с.
3. Воробйов С.О. Досвід застосування геоінформаційних систем при створенні електронних планів для вугільних підприємств України / С.О.Воробйов, О.О.Глухов, В.В.Набокова // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2003. – №63. – С.279-282.

УДК 550.834:622.12

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА

Глухов А.А., д-р техн. наук, **Трофимов В.В.**, канд. техн. наук,
Кутепов Д.В., Ребенок Е.В., Решетняк Т.А.

Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела (РАНИМИ) МОН ДНР
ranimi@ranimi.org

Современное развитие компьютерных технологий привело к значительному технологическому скачку и упрощению решений ряда задач в области геологии и геофизике. В настоящее время актуальной задачей является разработка программных средств, позволяющих осуществлять трехмерное моделирование массивов горных пород, что существенно упрощает принятие технологических решений в рамках разведки и эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

В данной статье кратко описано разработанное в РАНИМИ программное обеспечение и набор алгоритмов для построения таких моделей на основе данных сейсмических наблюдений, доказавших свою эффективность и информативность.

Упомянутое выше программное обеспечение позволяет выполнять следующие операции:

- осуществлять чтение исходных файлов сейсмограмм в разновидностях формата SEG_Y;
- воспроизводить визуализацию полученных сейсмограмм в различных режимах просмотра;
- проводить оценку качества записи и первичной обработки сейсмотрасс, а так же оценивать качество 3D съемки;

- выполнять подготовку сейсмограмм для построения сейсмических разрезов;
- делать расчет сейсмических разрезов и сейсмических кубов;
- воспроизводить визуализацию сейсмических разрезов, сейсмических кубов, сечений сейсмических кубов;
- делать расчет и построение поверхностей геологических структур;
- проводить запись исходных и обработанных сейсмограмм, а также сейсмических кубов в основных форматах.

Для построения модели породного массива используются сейсмические разрезы ОГТ по профилям. Выделяя на сейсмических разрезах отражающие границы, зоны дифракции, зоны потери синфазности и иные области, и ставя им в соответствие геологические структуры, мы получаем первичную 2.5D модель, состоящую из наборов сейсмических разрезов и реперных контуров предполагаемых геологических структур, расположенных вдоль направлений профилей (рис. 1).

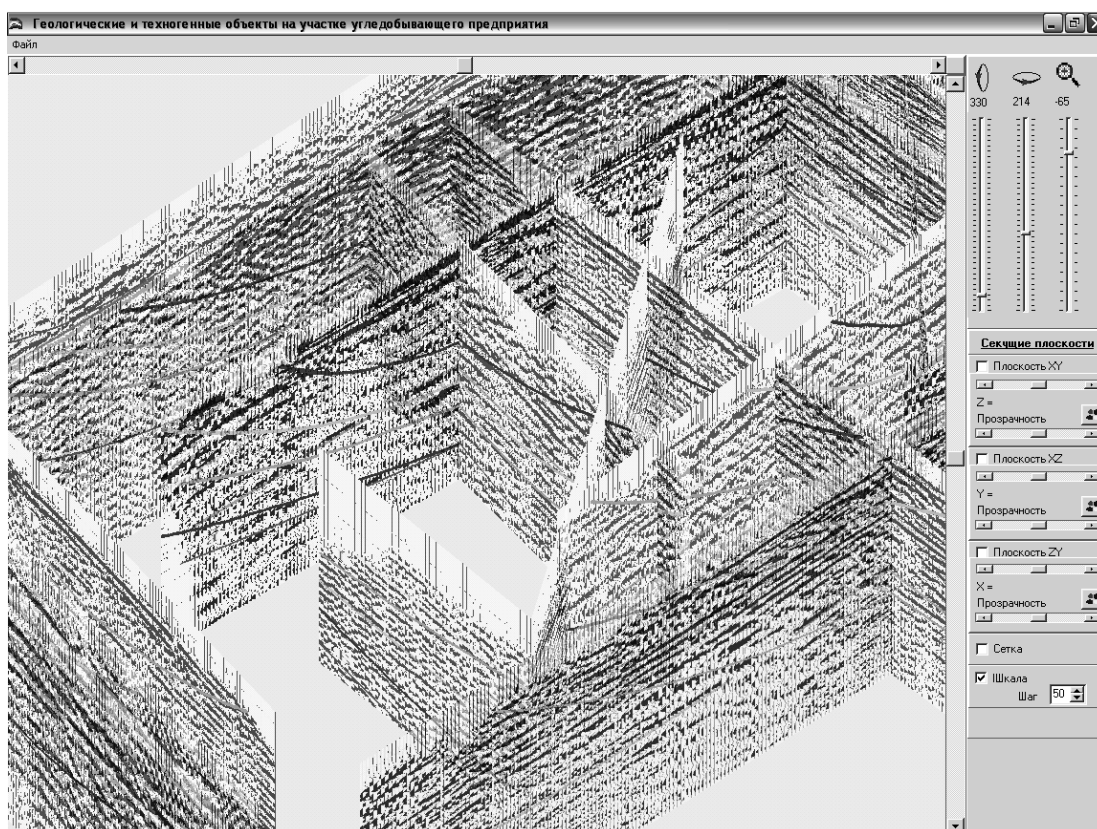


Рис.1. Изображение 2.5D модели углепородного массива на участке шахты «Западно-Донбасская» ОАО «Павлоградуголь»

Для построения 3D модели для начала необходимо, используя сейсмические разрезы по профилям, для каждого узла заданной трехмерной сетки вычислить соответствующий ему элемент сейсмического изображения, получив при этом в совокупности

сейсмический куб [1]. Для этого необходимо выполнить два этапа работ. На первом этапе производится расчет геологических колонок для каждого узла расчетной решетки куба путем интерполяции отмеченных на профилях положений геологических структур. Для каждой геологической структуры определяется набор точек решетки, в которых считаем, что её поверхность существует. Далее для расчета поверхностей геологических структур применяется интерполяция методом обратных взвешенных расстояний. Суть идеи метода обратных взвешенных расстояний состоит в том, что точки, находящиеся ближе к той, где производится расчет, оказывают большее влияние на результат, по сравнению с удаленными точками [2]. Расчет определенного свойства в заданной точке получается как взвешенное среднее этого свойства по заданному набору ближайших известных точек.

По такому же принципу, используя поверхности геологических структур в качестве трендовых, рассчитываем сейсмический куб, моделирующий 3D поле наблюдений на заданном участке углепородного массива. Корректность получаемой модели зависит от качества исходных данных. Основным критерием является густота сетки профильных наблюдений, одинаковые условия проведения, единая методика получения профильных разрезов и другие факторы. Различия в исходных данных и отклонение от вышесказанных критериев приводит к частичной потере «информативности» получаемой модели.

Работа выполнена на основе результатов научной программы НАН Украины «Использование 3D сейсморазведки с целью промышленной добычи газа и дегазации угольных пластов». Результаты проделанной работы могут быть использованы научными, геофизическими и научно-техническими организациями, осуществляющими исследования по прогнозу строения массивов горных пород.

Список литературы

1. Глухов А.А., Компанец А.И. Алгоритм построения сейсмогеологической модели углепородного массива / А.А.Глухов, А.И.Компанец // Наукові праці УкрНДМІ НАН України (Т.1, № 11). – Донецьк, 2012. – С. 228-238.
2. Анциферов А.В. Теория и практика шахтной сейсморазведки: монография / Донецк: ООО «Алан», 2002. 312 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИНЖЕНЕРНОЙ ПРАКТИКЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Дёмин М.В., канд. техн. наук., доцент
ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского», г. Донецк, ДНР
demin.m@mail.ru

Развитие современных технологий невозможно без использования компьютерной техники. Компьютерные технологии не только позволяют использовать универсальные возможности машинной графики, и имеют широкие возможности в сфере двумерных графических построений, но и является гибким, надежным инструментом построения трехмерных моделей. Такой подход к проектированию дает прикладную реализацию конструкторским и дизайнерским идеям. Выполнения практических работ с использованием программного обеспечения и компьютерных технологий составляет важную часть профессиональной подготовки будущих инженеров. Применение современных методов проектирования позволяет повысить качество выпускаемого современного торгового и холодильного оборудования, сократить срок от проектирования до внедрения его в производство.

Целью работы является, использование компьютерных технологий и методов компьютерного проектирования холодильного и торгового оборудования будущими инженерами-механиками в процессе обучения, выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра и магистерской диссертации.

Перед преподавателями высших учебных заведений технических специальностей стоит задача в подготовке инженерных кадров конкурентоспособных на рынке труда.

Знание принципов действия современных холодильных систем, умение ориентироваться в монтажных и принципиальных схемах, способность профессионально рассчитать основные характеристики работы холодильного оборудования, умение его подобрать, рассчитывать его энергетическую эффективность и т.д., требует увеличения практических занятий, и внедрения современных подходов, в организации подготовки инженерных кадров применяя нестандартные решения.

На кафедре холодильной и торговой техники ежегодно не менее пяти выпускников выполняют реальные выпускные квалификационные работы (ВКР), и магистерские диссертации по заказу ООО «Донфрост» с элементами научной новизны и практическим внедрением.

Защита выпускных квалификационных работ бакалавра и защита магистерской диссертации – завершающая стадия учебного процесса. В процессе выполнения работы студенты должны проявить знания и навыки, приобретенные за годы обучения в университете. Отличительной особенностью работ, выполненных по заказу ООО «Донфрост», является использование современных компьютерных технологий при их выполнении. Обучение студентов компьютерным технологиям начинается с первого курса.

В процессе обучения студенты изучают программное обеспечение Windows, Microsoft Office Word, Excel. К четвертому курсу студенты владеют навыками работы с программным обеспечением CorelDRAW, овладевают методикой расчёта и компьютерного проектирования холодильного и торгового оборудования при помощи программных пакетов Компас, AutoCAD.

После распределение студентов по выпускающим кафедрам, распределенным на кафедру холодильной и торговой техники, читается курс «Компьютерное проектирование холодильного оборудования» где студенты изучают программный пакет AutoCAD [1]. При изучении этого курса будущие инженеры-механики получают знания и навыки, позволяющие осуществлять рациональный расчет и подбор холодильного оборудования, выполнять двухмерное проектирование его структурных частей.

Еще при изучении курса «Компьютерное проектирование холодильного оборудования» проводится отбор группы студентов для подготовки выпускных квалификационных работ в ООО «Донфрост». Главным критерием при отборе является достаточное теоретическая подготовка кандидатов и, что немало важно - желание их продолжать обучение компьютерным технологиям в конструкторском отделе предприятия. Каждому студенту предлагается решить практическую задачу по проектированию, модернизации бытового и торгового холодильного оборудования, их структурных элементов. Перспективными являются также темы выпускных квалификационных работ бакалавра по проектированию автономных систем кондиционирования воздуха.

После получения диплома бакалавра многие студенты изъявляют желание продолжить обучение в магистратуре, где они получают возможность прослушать курс и изучить дисциплину «Компьютерные технологии в машиностроении» [2]. При изучении данной дисциплины, студенты используют программный пакет SolidWorks [3] для построения трехмерных 3D моделей (рис. 1).

Кроме членов государственной аттестационной комиссии на защитах магистерских диссертаций присутствуют руководители ООО «Донфрост». После подведения итогов защиты председатель государственной аттестационной комиссии объявляет ее итоги. После получения диплома, подготовленные специалисты трудоустраиваются в ООО «Донфрост».

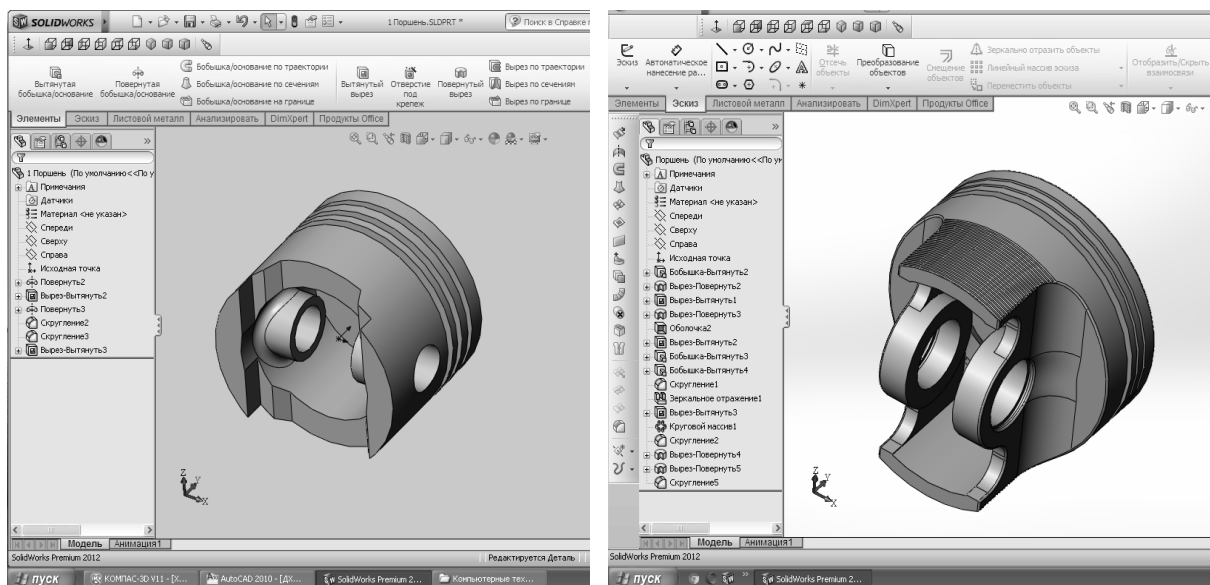


Рис. 1. Поршень компрессора холодильной машины, построенный при помощи 3D моделирования в программной среде SolidWorks

Таким образом, выполнение выпускных квалификационных работ бакалавра и магистерских диссертаций по заданию ООО «Донфрост» не только поднимает на более качественный уровень подготовку выпускников кафедры холодильной и торговой техники, но и решает вопросы обеспечения высококвалифицированными кадрами передовое предприятия машиностроения.

Список литературы

1. Дёмин М.В. «Компьютерное проектирование холодильного и торгового оборудования» [Текст]: Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 6.050503 специализации «Машиностроение» дневной и заочной форм обучения / М.В.Дёмин. Р.В.Брюшков, Д.К.Кулешов – ДонНУЭТ, 2015. – 37с.
2. Ржесик К.А. «Основы компьютерного моделирования энергетического оборудования» [Текст]: Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» (профиль «Холодильные машины и установки»), очной и заочной форм обучения / К.А.Ржесик, М.В. Дёмин. – Донецк: ГО ВПО «ДонНУЭТ» им. Туган - Барановского, 2017. – 58с.
3. Алямовский А.А. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной графике. / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, А.И.Харитонович, Н.Б. Пономарев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 1040 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНТРОПИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ РЕЧИ

Ермоленко Т.В., канд. техн. наук,

Тихончук А.П.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

naturewild71@gmail.com

Введение. Обнаружение активности голоса (Voice Activity Detection, далее VAD) – это очень важная задача для многих приложений, которые работают с аудио или речью, включая кодирование, распознавание, повышения разборчивости речи, и индексации аудио. От эффективности VAD-алгоритма зависит эффективность применяемых методов обработки речи/аудио в приложении.

Идеальный детектор активности голоса должен быть независимым от области применения приложения и уровня шума.

Актуальность определяется бурным развитием речевых технологий и до сих пор не решенной проблемой при детектировании голосовой активности: для большинства известных VAD-алгоритмов свойственно заметное увеличение ошибок в тех случаях, когда меняется характер шума или увеличивается его уровень.

Создание VAD, имеющего такие характеристики как надежность, устойчивость к шуму, точность, адаптивность, простота, возможность применения в реальном времени, без информации о присутствующем шуме, до сих пор остается актуальной задачей.

Целью настоящего исследования является повышение точности определения границ речи в условиях неоднородного шума с высокой интенсивностью за счёт динамического расчета порога для классификации фреймов речевого сигнала речь/шум с использованием энтропии сигнала.

Основная идея метода. Предложенный VAD-алгоритм включает настройку под шум и классификацию фреймов.

На этапе настройки входной звуковой сигнал делится на неперекрывающиеся фреймы. Предполагается, что первые фреймы входного сигнала (по умолчанию 1 сек.) содержат только шум. Из этих фреймов формируется множество *Noise*, по которому выполняется первоначальный расчет порогов *h* (на основе энтропии) и *e* (на основе энергии сигнала). Порог *h* представляет собой сигмовую зону, вычисленную по значениям энтропии фреймов, порог *e* – среднее арифметическое энергий фреймов.

На этапе классификации значение энтропии и энергии каждого фрейма сравнивается с порогами. Если энтропия превышает порог *h*, то

фрейм классифицируется как шум, если энергия превышает порог ϵ , то фрейм классифицируется как речь. Фрейм, содержащий только шум, добавляется ко множеству *Noise*, пороги пересчитываются.

Результат. Результаты экспериментальных исследований точности алгоритма в зависимости от отношения сигнал/шум (SNR) сведены в таблицу:

SNR	Процент ошибок
60дБ	1%
18дБ	7%
12дБ	20%
6дБ	30%

В заключении стоит отметить, что проведенные численные исследования свидетельствуют об очевидных преимуществах использования энтропии в качестве порога для классификации участков речевого сигнала речь/шум:

- предложенный метод более устойчив к неоднородным шумам по сравнению со стандартными VAD-алгоритмами, которые используют спектральные и временные характеристики сигнала, что достигается за счет адаптации порога под характеристики шума и устойчивости энтропии к интенсивности шума;

- простота реализации предложенного алгоритма даёт возможность обработки звукового сигнала в реальном времени;

- предложенный алгоритм не требует длительной настройки под шум. Даже в случае отсутствия шума, детектирование речи начинается практически с самого начала работы алгоритма.

Список литературы

1. Ramírez J. Efficient voice activity detection algorithms using long-term speech information / J Ramírez, JC Segura, C Benítez, Á de la Torre, A Rubio // *Speech Commun.* – 2004. – V. 42. – P. 271-287.
2. Kristjansson T. Voicing features for robust speech detection / T. Kristjansson, S. Deligne, P. Olsen // *Proc. of INTERSPEECH.* – Lisbon. – 2005. – URL: <http://papers.traustikristjansson.info/wp-content/uploads/2011/07/KristjanssonRobustVoicingEurospeech2005.pdf>.
3. Shahnaz C. A multifeature voiced/unvoiced decision algorithm for noisy speech / C Shahnaz, W-P Zhu, MO Ahmad // *Proc. of ISCAS.* – Kos, 2006– P. 2528 -2531.
4. Kinnunen T. A practical, self-adaptive voice activity detector for speaker verification with noisy telephone and microphone data / T. Kinnunen, P. Rajan // *Proc. of ICASSP.* – Vancouver: IEEE, 2013 – P. 7229–7233.
5. Chang J.-H. Voice activity detection based on multiple statistical models. / J.-H Chang, NS Kim, SK Mitra // *IEEE Trans. Signal Process.* – 2006. – V. 54, №6– P. 1965–1976.

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

Зайка Д.Д., Ломонос Г.Т.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
lomonos.gn@gmail.com

Введение. В последнее время робототехника активно используется во всех областях человеческой жизни: в науке, обучении, производстве и медицине, в развлекательных проектах. На сегодняшний день обучение в учебных заведениях значительно интенсифицируется, что является стрессом и может приводить к снижению успешности обучения. Чтобы оптимизировать процесс обучения важно изучение функциональных состояний учащихся, что облегчается при исследованиях в виде игры (геймификации) [1,2,3].

Актуальность. Несмотря на то, что идея создания геймифицированных инструментов для оценки функциональных состояний не нова, таких проектов достаточно мало. При этом данное направление разработки современно и востребовано.

Целью работы является создание прототипа прибора для тестирования некоторых психофизиологических параметров учеников на основе микроконтроллера, а также дальнейшее создание автомата для оценки функциональных состояний учащихся.

Материалы и методы. Для изучения функциональных состояний создан геймифицированный инструмент настольная игра «Футбол» на платформе Arduino. В качестве прототипа для решения задачи использовали разработанное в СССР устройство «Электроника ИМ-37» Настольная электронная игра «Футбол: Кубок чемпионов» с изменениями. Для создания устройства был выбран контроллер Arduino Mega 2560, так как он имеет необходимое оснащение для подключения датчиков и исполнительных устройств, а также достаточный объем ОЗУ и центральный процессор, способные автономно выполнять необходимое программное обеспечение. ПО для устройства написано на диалекте C++ для Arduino с использованием открытых библиотек: LiquidCrystal_I2C, MsTimer2, SD, SPI, TMRpcm [4,5].

Все события, происходящие в течении игры записываются в файл журнала в формате CSV. Далее можно проанализировать время реакции игроков на события игры, стратегии игры, качество принимаемых участниками игры решений. Журнал выводится в UART интерфейс и может быть передан по Bluetooth на другое устройство, например, на персональный компьютер или смартфон. Далее файлы журналов импор-

тируются в LibreOffice Calc, где обрабатываются. Полученные результаты используются для анализа функциональных состояний, улучшения играбельности и работы над режимом игры «компьютер против человека», что позволит проводить тестирование с одним испытуемым. Для симуляции действий игрока автоматом используется библиотека Gaussian, которая описывает класс соответствующий нормальному распределению, задаваемый дисперсией случайной величины и средним значением.

Результат. Для создания первичного алгоритма и достижения приемлемого уровня играбельности было проведено около 50 игр человек против человека с последующей обработкой результатов и анализом хода игры. Ранние варианты алгоритма позволяли некоторым участникам исследования находить простые выигрышные стратегии, что снижало интерес к испытаниям у остальных участников. Текущий алгоритм для большинства участников интересен и они легко соглашаются на повторные игры. Проанализированы данные времени реакции игрока при розыгрыше мяча по 36 играм для игроков, играющих в игру с текущим алгоритмом впервые. Распределение значений в выборке близко к нормальному. Минимальное значение времени реакции в выборке 0,91 с., максимальное – 2,03 с., среднее - 1,6143 при среднеквадратичном отклонении – 0,1685 (рис. 1).

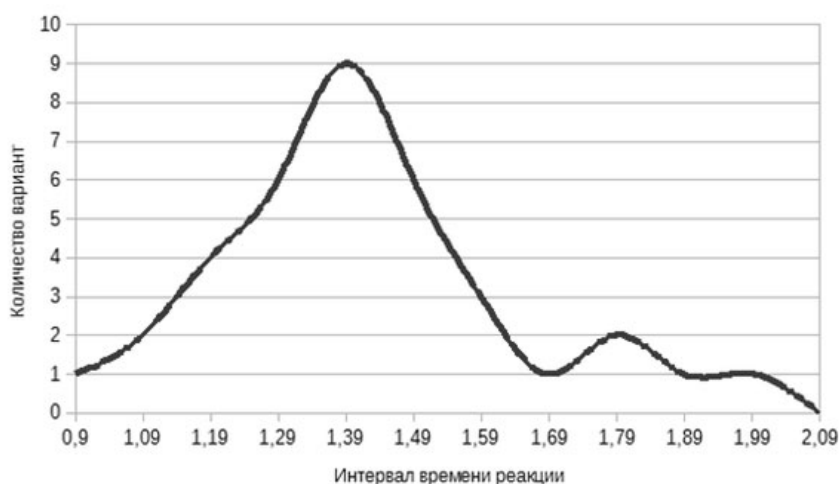


Рис. 1. Кривая распределения значений в выборке времени реакции игрока при розыгрыше мяча

Полученные результаты используются для создания алгоритма автоматической игры «компьютер против человека».

Список литературы

1. Омельченко Е.Я. Краткий обзор и перспективы применения микропроцессорной платформы arduino / Е.Я.Омельченко, В.О.Танич, А.С.Маклаков, Е.А.Карякина // электротехнические системы и комплексы. – 2013/21. – С.28-33.
2. Шмелёв А. Компьютерное тестирование и геймификация: перспективы мониторинга функционального состояния работников в эпоху компьютеризации

- психодиагностики / А.Шмелёв, И.Лисица // Вестник Московского университета. серия 14. психология. – 2016. – №4. – С.98-109.
3. Алексеева Э.А. Оценка функционального состояния организма студентов в период экзаменационного стресса / Э.А.Алексеева, Л.Н.Шантанова, А.Н.Петунова, И.К.Иванова // Вестник бурятского госуниверситета. – 2010/12. – С.108-113.
 4. Официальный практикум Arduino // [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial> (дата обращения: 10.09.2017).
 5. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino / В.А.Петин. – СПб.: БХВ — Петербург, 2015. – 448 с.

УДК 004.912

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАПОЛНЕНИЯ ЖУРНАЛА УЧЕТА РАБОТЫ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ПО ДАННЫМ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПЛАНА

Конончук Э.В., Котенко В.Н.

ГОУ ВПО «Донецкий Национальный университет», г. Донецк, ДНР
ed.ambidexter@gmail.com

Введение. Одной из актуальных проблем работы кафедры высшего учебного заведения является распределение учебной нагрузки и ведение учета выполнения учебной нагрузки преподавательского состава.

В начале каждого года преподаватель формирует индивидуальный план работы (планирует свою учебную нагрузку). В соответствии с расписанием учебных занятий преподаватель проводит лекции, практические занятия, лабораторные работы, консультации, модульные контроли, принимает зачеты и экзамены, руководит выполнением курсовых и дипломных работ, отмечая их проведение в журнале учета работы преподавателя. Заполнение журнала учета работы преподавателя является временно затратной процедурой, связанной с многочисленными неточностями и ошибками.

Проблемой автоматизации управления своими подразделениями занимаются многие вузы. В большинстве университетов автоматизировано, например, формирование учебным отделом объема учебной нагрузки кафедр, осуществляемое средствами программного пакета Microsoft Excel. Однако само распределение и учет преподавателями выполнения учебной нагрузки до сих пор выполняется вручную [1].

Отсюда возникает идея создания метода, который позволит посредством создания автоматизированной системы по заполнению журнала учета нагрузки преподавателя, повысить эффективность работы преподавательского состава кафедры.

Актуальность автоматизации определяется следующими причинами. В значительной мере уменьшаются затраты времени преподавателей

на заполнение отчетной документации, что повышает производительность их работы. В отличие от ручного заполнения документов автоматизированная система позволит избежать погрешностей и ошибок при внесении преподавателями огромного количества числовых данных. Итоговый подсчет выполненной нагрузки за месяц, семестр и учебный год по всем видам учебной нагрузки будет автоматическим, что, опять же, избавит преподавателя от совершения ошибок в расчетах.

Целью данного исследования является разработка метода для повышения эффективности заполнения журнала учета нагрузки преподавателя. Для реализации цели проведен ряд исследований по подробному анализу предметной области, изучению структуры индивидуального плана и журнала учета нагрузки.

Для реализации данного метода использовался язык программирования C# и библиотека NPOI для работы с файлами Microsoft Office Excel.

Результат. Эмпирические исследования автоматизированной системы свидетельствуют о том, что предложенный метод значительно повышает эффективность заполнения журнала учета нагрузки.

На первом этапе работы с системой преподаватель выбирает свой индивидуальный план, который содержит всю учебную нагрузку по всем видам деятельности преподавателя в часах, нажав кнопку «Обзор». Главное окно системы показано на рис. 1.

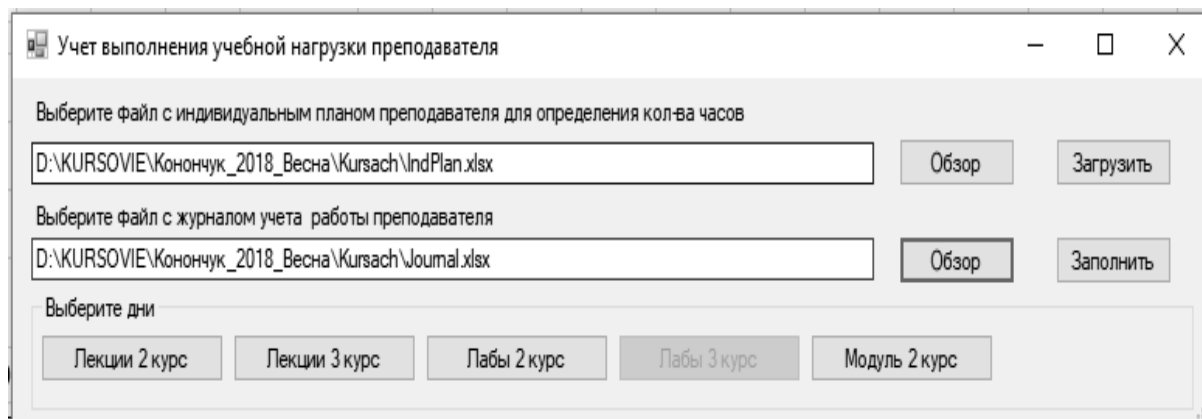


Рис. 1. Главное окно системы

На рис. 2 показано окно выбора дней проведения лекций и лабораторных работ.

Теперь преподаватель должен выбрать шаблон журнала учета нагрузки преподавателя, который требуется заполнить, нажав кнопку «Обзор» во второй строке формы. После этого достаточно нажать кнопку «Заполнить», и преподаватель получит полностью сформированный свой журнал учета работы.

Пример заполненного документа изображен на рис. 3.

**МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ
И ЗАПОЛНЕНИЯ АДРЕСНЫХ БЛАНКОВ СЧЕТОВ-ИЗВЕЩЕНИЙ
И СЧЕТОВ-КВИТАНЦИЙ НА ОПЛАТУ ЖИЛЬЯ
И КОММУНАЛЬНЫХ УСЛУГ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ
СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Котенко В.Н.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
kotenko1967@gmail.com

Введение. Жилищно-коммунальные услуги (ЖКУ) – это услуги, доводимые до потребителя, проживающего в жилищном фонде, для обеспечения комфортных условий жизни [1].

Для собственников жилья и нанимателей плата за жилищные услуги включает в свой состав: плату за выполнение обязательного перечня работ по обслуживанию и ремонту общего имущества многоквартирного дома, включая сбор и вывоз бытовых отходов, и обслуживание лифтового хозяйства. Плата за коммунальные услуги включает платежи за обеспечение потребителей холодной и горячей водой, водоотведение, отопление, газоснабжение, электроснабжение и другие виды коммунальных услуг в соответствии с благоустройством жилища [2].

Плата за жилое помещение и коммунальные услуги вносится на основании платежных документов (расчетной книжки), которые плательщики покупают в отделениях банка, заполняют вручную, внося расчеты по показаниям счетчиков или нормам потребления.

Вполне естественно использовать инновационные информационные технологии для помощи плательщикам жилищно-коммунальных услуг в решении проблемы автоматизации формирования платёжных документов, к которым относятся счета-извещения и счета-квитанции на оплату жилья и коммунальных услуг.

Актуальность автоматизации определяется следующими факторами. Во-первых, у плательщиков отпадает необходимость расходования финансов для покупки расчётной книжки. Во-вторых, в значительной мере уменьшаются затраты времени плательщиков на заполнение документов на оплату жилья и коммунальных услуг. В-третьих, в отличие от ручного заполнения документов автоматизированная система позволит избежать ошибок при внесении плательщиками показаний счетчиков, тарифов за единицу потребления услуги, норм потребления и расчетов итоговых сумм. В-четвертых, система будет настроена на нормы потребления и тарифы именно города Донецка. В-пятых, плательщику будет предоставлена возможность гибкого

изменения тарифов. И наконец, в-шестых, система будет иметь интуитивно понятные и простые интерфейс и функциональность, позволяющие использовать ее непрофессиональным пользователям персональных ЭВМ.

Целью настоящего исследования является разработка метода для повышения эффективности формирования и заполнения платежных документов и создание информационной системы для автоматической генерации и вывода в документ Excel заполненных адресных бланков счетов-извещений и счетов-квитанций на оплату жилья и коммунальных услуг. Для реализации цели проведен ряд исследований по изучению процедуры формирования плательщиками платежных документов, выявлены дестабилизирующие факторы, приводящие к задержкам и ошибкам при оформлении документов.

Результат. Экспериментальные исследования автоматизированной системы свидетельствуют о том, что предложенный метод в разы повышает эффективность и качество заполнения документов абонентом.

Главное окно системы показано на рис. 1.

Коммунальные услуги					
Месяц		август			
Год		2018			
Код ЕРЦ	Абонент		Адрес		
100011183444737	Иванов И.И.		Д-45, ул. Куйбышева, 34/47		
Квартплата	Общая площадь квартиры	Текущий тариф, руб. за кв.м.	Сумма к оплате		
46,5	кв. м	3,84 руб.	179		
Электроэнергия	Тек. месяц (КВт.)	Пред. месяц (КВт.)	Текущий тариф, руб. за КВт.	Сумма к оплате	
1070	970	до 150 Квт	0,6168	свыше 150 Квт	0,8388
Газ	Количество человек	Текущий тариф, руб. за куб.м.	Куб.м. на человека	Сумма к оплате	
3	2,598	18	141		
Холодная вода	Тек. месяц (Куб.м.)	Пред. месяц (Куб.м.)	Текущий тариф, руб. за куб.м.	Сумма к оплате	Всего
940	930	6,74	68	111	
Стоки хол. воды	Тек. месяц (Куб.м.)	Пред. месяц (Куб.м.)	Текущий тариф, руб. за куб.м.	Сумма к оплате	
940	930	4,27	43		
Отопление	Отапливаемая площадь квартиры	Текущий тариф, руб. за кв.м.	Сумма к оплате		
45,8	кв. м	6,96 руб.	319		
Горячая вода	Тек. месяц (Куб.м.)	Пред. месяц (Куб.м.)	Текущий тариф, руб. за куб.м.	Сумма к оплате	Показать
0	0	35,16	0	0	
Стоки гор. воды	Тек. месяц (Куб.м.)	Пред. месяц (Куб.м.)	Текущий тариф, руб. за куб.м.	Сумма к оплате	Скрыть
0	0	4,27	0	0	
Вывоз ТБО	Количество человек	Текущий тариф, руб. за чел.	Сумма к оплате		
3	18,70	57			
Домофон	Сумма к оплате				24
Выбор абонента Сформировать Ввести данные о себе Изменить тарифы					

Рис.1. Главное окно автоматизированной системы

На первом шаге плательщик, нажав на кнопку «Ввести данные о себе», вносит в поля соответствующей формы и записывает в файл данные о себе (код ЕРЦ, фамилию, имя, отчество, количество прописанных человек, общую и отапливаемую площадь жилья). Создаваемый файл получает имя Фамилия И.О.txt, например, Иванов И.И.txt. Далее

платательщик, нажав на кнопку «Изменить тарифы», адаптирует под себя тарифы на жилье и услуги и записывает их в файл Тарифы.txt.

Теперь ежемесячно платателю остается только, нажав кнопку «Выбор абонента», выбрать файл со своей фамилией, и почти все поля ввода формы будут заполнены автоматически (рис. 1). Остается только ввести показания счетчиков, установленных в жилье, и нажать кнопку «Сформировать». Пример сформированной квитанции показан на рис. 2.

КВИТАНЦИЯ		Код ЕРЦ		100011183444737	
Абонент	Иванов И.И.		Адрес	Д-45, ул. Куйбышева, 34/47	
Вид оплаты	Сумма платежа	Период оплаты	Пеня	Показания счётчика	
				кон.	нач.
Квартплата	179 руб.	август 2018			
Эл. энергия	62 руб.	август 2018		1070	970
Газ	141 руб.	август 2018			
Вода	111 руб.	август 2018		940	930
Стоки	руб.	август 2018			
Отопление	319 руб.	август 2018			
Горячая вода	руб.	август 2018			
Вывод ТВО	57 руб.	август 2018			
Домофон	24 руб.	август 2018			
УГСО	руб.	август 2018			
Телефон	руб.	август 2018			
Итого	893 руб.	август 2018			
Подпись платателя					

Рис.2. Сформированная квитанция на оплату жилья и коммунальных услуг

В ходе реализации проекта, разработанная система была протестирована на данных реальных платателей, где показала свою работоспособность, полное соответствие поставленным требованиям, эффективную обработку и отображение данных.

В заключении стоит отметить, что предложенный метод повышения эффективности формирования и заполнения адресных бланков счетов-извещений и счетов-квитанций на оплату жилья и коммунальных услуг на основе применения современных информационных технологий позволяет исключить необходимость покупки абонентами расчётных книжек, заполнения их шариковой ручкой, подсчета на калькуляторе разности показаний счётчиков, суммы за каждую из предоставленных коммунальных услуг по формулам, иногда очень сложным, как, например, расчёт суммы за оплату электроэнергии, и итоговой суммы, позволяет автоматически избегать ошибок заполнения и генерировать и выводить на печать заполненные платежные документы.

Список литературы

1. Нариньяни А. Жилищно-коммунальное хозяйство. Вся правда о том, как нас обманывают / А. Нариньяни, А. Довлатова. – М.: РИПОЛ классик, 2014. – 256 с.
2. Оплата жилищно-коммунальных услуг // WEBOHRANNIK.RU: сервер «Советник». URL: <http://www.webohrannik.ru/vseokomynalke/onlatayslyg.html> (дата обращения 10.09.2018).

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЧЕТА НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАФЕДРЫ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

Котенко В.Н.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

kotenko1967@gmail.com

Введение. Повышение научно-педагогической квалификации преподавательского состава – одна из важнейших задач вуза. Включение преподавателя в разнообразные формы научной деятельности оценивается как необходимая часть работы преподавателя.

Научная статья – законченное авторское произведение, описывающее результаты оригинального научного исследования (первичная статья) или посвящённая рассмотрению ранее опубликованных научных статей, связанных общей темой (обзорная статья) [1].

Участие преподавателя вуза в проведении научных исследований и написание статей, участие в работе научных конференций позволяет создать собственный почерк общения со студентами, дает возможность творческой обработки учебного материала с учетом новейших научных достижений. Участие в работе научных конференций обогащает преподавателя, способно расширить его общенаучный и специальный кругозор, побудить к совершенствованию навыков научно-исследовательской работы, сформировать педагогический такт, повысить лекционный и дискуссионный уровень преподавателя [2].

Учет научной деятельности преподавателей кафедры осуществляет заместитель заведующего кафедрой по научной работе. Использование инновационных информационных технологий позволит ему эффективно учитывать научно-исследовательскую работу, определяющуюся суммарным количеством публикаций преподавателя в национальных и зарубежных журналах и в сборниках трудов научных конференций, анализировать и подсчитывать баллы публикационной активности сотрудника кафедры, отслеживать научные интересы преподавателя, генерировать различные формы отчетности.

Актуальность автоматизации определяется следующими факторами. Во-первых, на несколько порядков повышается скорость обработки информации. Во-вторых, у заместителя по научной работе кафедры отпадает необходимость в хранении огромного объема бумажной документации. Во-третьих, появляется возможность удаленного ввода и редактирования информации как администратором системы, так и преподавателями о своих научных публикациях. В-четвертых, предоставляется доступ к кругу научных интересов сотрудников кафедры. И наконец, в-

пятых, у заведующего кафедрой и его заместителя по научной работе появляется возможность постоянного мониторинга научно-исследовательской работы кафедры, что повышает эффективность и качество управления кафедрой.

Целью настоящего исследования является разработка метода для повышения эффективности учета статей преподавателей в национальных и зарубежных журналах, материалов и тезисов докладов в сборниках трудов научных конференций, научных интересов сотрудников кафедры.

Для достижения цели проведен ряд исследований по изучению процедуры учета публикаций преподавателей, выявлены негативные факторы, приводящие к погрешностям и задержкам при оформлении документации.

Результат. Экспериментальные исследования предложенного метода, реализуемого посредством автоматизации учета публикаций и научных интересов сотрудников кафедры, свидетельствуют о том, что эффективность и качество мониторинга научной активности преподавателей возрастает на несколько порядков.

Страница со списком статей сотрудников кафедры показана на рис. 1.

КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Поиск

Найти

Главная

Статьи

Материалы_конференций

Тезисы_докладов

Научные_интересы

Преподаватели

СТАТЬИ

Список статей

Добавление статьи

Удаление статьи

НАША КАФЕДРА

"ПИСАТЬ СТАТЬИ - ЭТО ИСКУССТВО, КОТОРОМУ НАДО УЧИТЬ!"
Л. Д. Ландау

СТАТЬИ СОТРУДНИКОВ КАФЕДРЫ

Все статьи кафедры

Код	Автор	Название статьи	Редактирование
1	Котенко Владислав Николаевич	Об использовании ситуационного подхода к диспетчерскому управлению сортировочной горкой	Редактировать
2	Котенко Владислав Николаевич	Применение метода инвариантных моментов для распознавания символов автомобильных номеров при пропуске автомобилей на территорию с ограниченным доступом	Редактировать
4	Шарий Тимофей Вячеславович	Распознавание текста в зашумленных изображениях сканированных документов	Редактировать
5	Ермоленко Татьяна Владимировна	Влияние GSM-сжатия на идентификационные акустические признаки, характеризующие речевой поток в целом	Редактировать
7	Толстых Виктор Константинович	О задаче идентификации параметров открытых русел	Редактировать
14	Маруга Михаил Михайлович	Модуль морфологического анализа слов русского языка	Редактировать
15	Бондаренко Виталий Иванович	The Mathematical Model of Hydrodynamics and Heat and Mass Transfer at Formation of Steel Ingots and Castings	Редактировать
17	Шарий Тимофей Вячеславович	Модель постобработки речевых сигналов FCAS	Редактировать
18	Толстых Виктор Константинович	Модель единой регистрационной базы данных школьников и абитуриентов	Редактировать

Рис.1. Список научных статей сотрудников кафедры

Автоматизированная система позволяет осуществлять пофамильно фильтрацию статей сотрудников кафедры, редактировать информацию выбранных статей (преподавателям только своих, администратору – всех авторов). Аналогичным образом осуществляется доступ к страницам с информацией о материалах и тезисах конференций преподавателей.

Система хранит полную информацию о преподавателях кафедры: какой вуз, по какой специальности, в каком году окончил, информацию об ученой степени и ученом звании, должности и стаже работы, в каком году и по какой теме проведено повышение квалификации, а также об областях научных интересов преподавателей с предоставлением возможностей редактирования информации.

Поисковая часть системы позволяет осуществлять поиск публикаций по годам публикаций, по наличию публикаций в наукометрических базах данных (РИНЦ, SCOPUS и т.п.), подсчитывать количество публикаций преподавателей в указанном учебном году.

Доступ к страницам динамического сайта закрыт для сторонних пользователей с использованием md5-хеширования.

Web-приложение реализовано на языке PHP с использованием системы управления базам данных MySQL и позволяет осуществлять доступ администратору сайта и преподавателям из любой точки мира при наличии интернет-подключения и любого браузера.

В ходе реализации проекта, разработанная система была протестирована на данных сотрудников кафедры компьютерных технологий, где показала полное соответствие поставленным требованиям, эффективную обработку и отображение данных.

В **заключении** стоит отметить, что предложенный метод на основе применения современных информационных технологий позволяет повысить эффективность учета научной деятельности кафедры высшего учебного заведения, преподавателям оперировать информацией о своих научных статьях, материалах и тезисах научных конференций и использоваться заведующим кафедрой и заместителем по научной работе для мониторинга научной деятельности преподавателей.

Список литературы

1. Научные статьи / Сайт CyberLeninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article> (дата обращения 28.09.18).
2. Акимов О. Б. Участие в научно-практических конференциях как фактор профессионального роста преподавателя / О. Б. Акимов, А. С. Франц // Научный диалог. – 2014. – №3 (27) : Психология. Педагогика. – С. 107–114.

МЕТОД УМЕНЬШЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА РЕАЛИЗАЦИЮ СЕРВЕРНОЙ ЧАСТИ СЕТЕВОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ГОРОДСКОЙ ПРОКУРАТУРЫ

Котенко Ю.В., Данюк С.А.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
melin1989@mail.ru

Введение. В правоохранительных органах внедряются новые информационные технологии, позволяющие переходить от хранения документов и карточек в бумажном виде к хранению данных в электронном виде на персональных компьютерах и серверах, что позволяет значительно сократить время поиска необходимой информации или регистрации заявителей. Без современных серверных систем, невозможно представить реализацию хоть одного сетевого проекта. В серверных системах существуют возможность перехода от использования нескольких серверов для каждой из задач, к реализации этих серверов в виде виртуализации, что позволяет значительно сократить расходы на закупку большого количества серверов, а вместо этого использовать один мощный сервер с большим количеством виртуальных машин. Суть использования системы виртуализации заключается в создании виртуальных машин, которые могут быть с различными операционными системами, разграниченными между собой.

В данной работе реализована серверная часть сетевого приложения для городской прокуратуры, а также найден метод увеличения безопасности хранения данных, повышения отказоустойчивости приложения, сокращения материальных затрат для реализации системы автоматизации работы прокуратуры Донецкой Народной Республики при помощи метода виртуализации. Сетевое приложение предназначено для унификации и систематизации деятельности прокуратуры. Внедрение приложения позволит значительно облегчить поиск и доступ к необходимой информации для сотрудников прокуратуры.

Актуальность. К основным преимуществам виртуализации следует отнести, во-первых, повышение эффективности использования вычислительных ресурсов, во-вторых, снижение затрат на их администрирование и поддержку, в-третьих, возможность централизованного управления серверами, поскольку в системе виртуализации можно объединить несколько серверов в один мощный кластер. Важной составляющей также является обеспечение непрерывности бизнес-процессов в виртуальной среде. Гораздо дешевле, к примеру, вместо 30-40 физических серверов в корпоративной сети использовать два-три высокопроизводительных хоста и на них запускать эти машины.

Целью настоящего исследования является создание серверной части сетевого приложения для органов городской прокуратуры с использованием преимуществ системы виртуализации. Для реализации поставленной задачи проведён ряд исследований. Сравнительный анализ различных систем виртуализации и изучение всех тонкостей их работы, показали, что лучше всего потребностям органов городской прокуратуры удовлетворяет система виртуализации Proxmox [1]. Систему можно оперативно развернуть на сервере с целью увеличения уровня безопасности хранящихся данных, а также с целью экономии затрат на закупку дополнительного оборудования. Система виртуализации Proxmox является бесплатной и при этом предоставляет полный функционал возможностей для работы [2].

Результатом является сетевое приложение для городской прокуратуры с базой данных, размещенной на виртуальной машине в системе виртуализации сервера. Проведенные экспериментальные исследования свидетельствуют о том, что предложенный метод с использованием системы Proxmox в разы уменьшает материальные затраты на закупку оборудования и дальнейшее сопровождение сетевого приложения.

На основе данной системы виртуализации реализована база данных заявлений прокуратуры, которая хранится на виртуальной машине Windows Server 2008 и позволяет сотрудникам работать с базой данных, даже не выходя в интернет, что увеличивает безопасность данных.

Этапы процесса, который должен пройти администратор для создания виртуальной машины на сервере виртуализации системы Proxmox, перечислены ниже. На первом этапе следует выбрать операционную систему, на основе которой будет добавлено ядро системы, для лучшего взаимодействия. На втором этапе – указать установочный образ (ISO) операционной системы, где можно выбрать и установить систему с виртуального носителя или же воспользоваться физическим носителем. На третьем этапе – произвести настройку диска для использования на виртуальной машине. Будет предложена шина, через которую осуществится подключение устройства, – либо SATA, либо SCSI. Также дана возможность переноса виртуальной машины на другой сервер, используя формат диска, и возможность отменить резервное копирование системного состояния виртуальной машины. На четвертом этапе необходимо произвести настройку процессора, памяти, сети и подтверждение создания виртуальной машины с указанными параметрами.

После создания виртуальной машины и полной установки системы на неё отобразится рабочий стол с открытым диспетчером сервера (рис. 1).

В ходе реализации проекта создано сетевое приложение с базой данных, размещенной на удалённой машине, содержащее всю необходимую информацию для работы городской прокуратуры.

Разработанную систему в дальнейшем планируется внедрить в органы городской прокуратуры Донецкой Народной Республики.

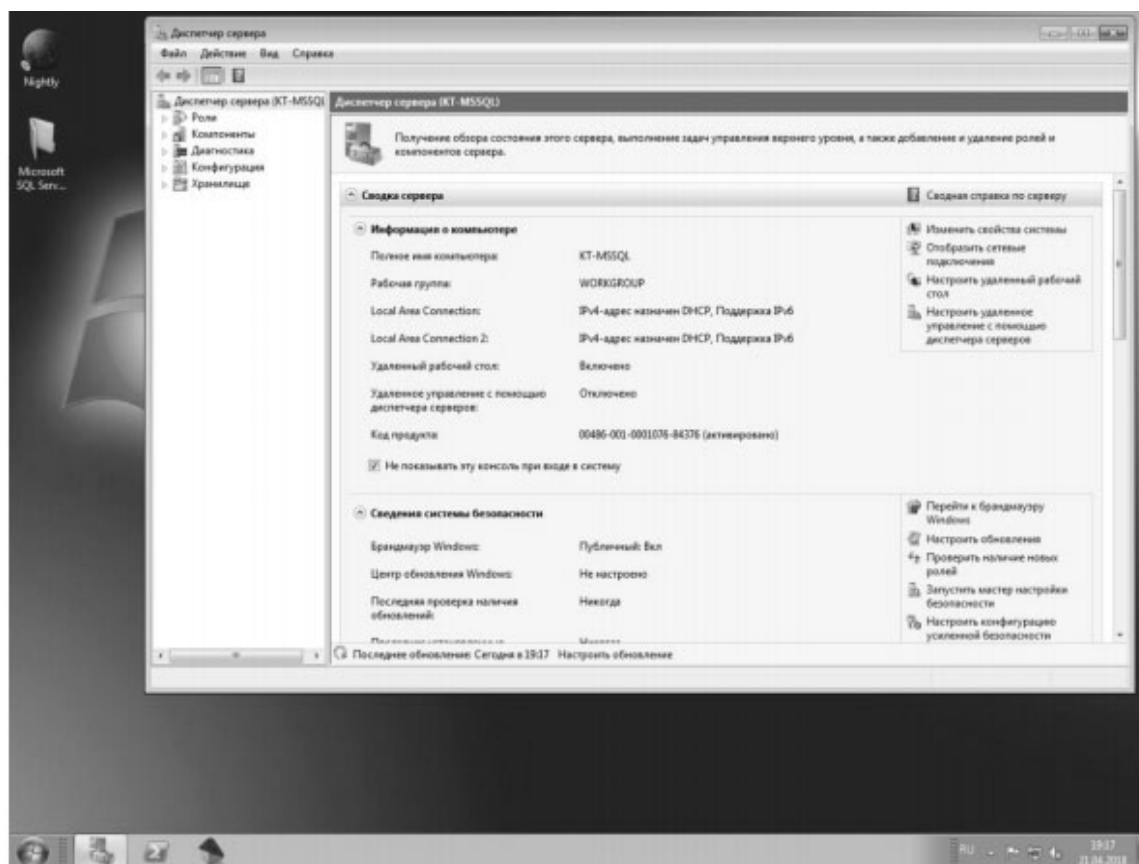


Рис. 1. Рабочий стол виртуальной машины

Разработанная система виртуализации протестирована в рабочем процессе профсоюзного комитета ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», где показала свою работоспособность, полное соответствие заявленным требованиям, эффективную обработку и отображение данных.

В **заключении** стоит отметить, что предложенная система виртуализации на сервере с созданной виртуальной машиной с базой данных на основе применения современных информационных технологий, позволяет исключить необходимость покупки большого количества дорогостоящих серверов для нужд любого предприятия или организации.

Список литературы:

1 Proxmox Virtual Environment.

URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Proxmox_Virtual_Environment (дата обращения: 21.03.2018).

2 Установка и настройка Proxmox Virtual Environment

URL: <https://pve.proxmox.com/wiki/Category:HOWTO> (дата обращения: 05.04.2018).

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАПОЛНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПЛАНА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ПО ДАННЫМ ДОКУМЕНТОВ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ КАФЕДРЫ

Красовский А.А., Котенко Ю.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

sane55ek@gmail.com

Введение. Индивидуальный план работы преподавателя на учебный год – это основной документ по планированию и учету деятельности научно-педагогических работников образовательной организации [1].

Индивидуальный план работы преподавателя предназначен для планирования работы сотрудника высшего учебного заведения. Планированию подлежит учебная работа, учебно-методическая работа, научно-исследовательская работа, организационно-методическая и воспитательная работа преподавателя [2].

На заполнение индивидуальных планов работы у преподавателей уходит значительное количество времени, – от нескольких часов до нескольких дней. Вместо того, чтобы совершенствовать педагогическое мастерство, осуществлять научную, методическую, воспитательную работу, преподаватели тратят время на рутинное заполнение официального документа, часто совершая ошибки при подсчете итоговых сумм по видам учебной работы за семестр и учебный год.

Документ учебной нагрузки кафедры на учебный год, как и индивидуальный план работы преподавателя, предоставляются кафедре учебной частью высшего учебного заведения и являются типовыми документами стандартного формата. Это дает возможность реализовать посредством автоматизации метод переноса части информации из документа учебной нагрузки всей кафедры в шаблон индивидуального плана работы преподавателя, тем самым сформировав индивидуальный план работы отдельного сотрудника кафедры.

Актуальность автоматизации определяется следующими факторами. Во-первых, в значительной мере уменьшаются затраты времени преподавателей на поиск информации в документе учебной нагрузки кафедры и заполнение индивидуального плана, что повышает эффективность их работы. Во-вторых, в отличие от заполнения документов вручную автоматизированная система позволит избежать ошибок при внесении преподавателями значительного количества числовых данных. В-третьих, преподавателю будет предоставлена возможность гибкого изменения настроек автоматизированной системы. В-четвертых, система позволит избежать ошибок при расчете итоговых

сумм в часах как по отдельным видам учебной нагрузки (лекции, лабораторные работы, практические занятия, зачеты, экзамены, руководство курсовыми и дипломными работами и т.п.), так и сумм в часах по читаемым преподавателям дисциплинам.

Целью настоящего исследования является разработка метода для повышения эффективности заполнения индивидуального плана преподавателя и создание информационной системы для автоматической генерации и вывода информации в документ формата Microsoft Excel. Для реализации цели проведен ряд исследований по детальному анализу предметной области, изучению документации по учебной нагрузке кафедры, а также структуры самого индивидуального плана.

Результат. Экспериментальные исследования автоматизированной системы свидетельствуют о том, что предложенный метод в значительной мере повышает эффективность и качество заполнения индивидуального плана преподавателя.

На первом шаге преподаватель выбирает файл с нагрузкой кафедры, нажав пункт меню «Выберите файл». На втором шаге, выбрав пункт меню «Выберите предметы», преподаватель получает на экран список дисциплин, обнаруженных системой в выбранном на первом шаге документе. Преподавателю предлагается выбрать свои дисциплины из списка всех дисциплин кафедральной нагрузки.

Окно выбора учебных дисциплин показано на рис. 1.

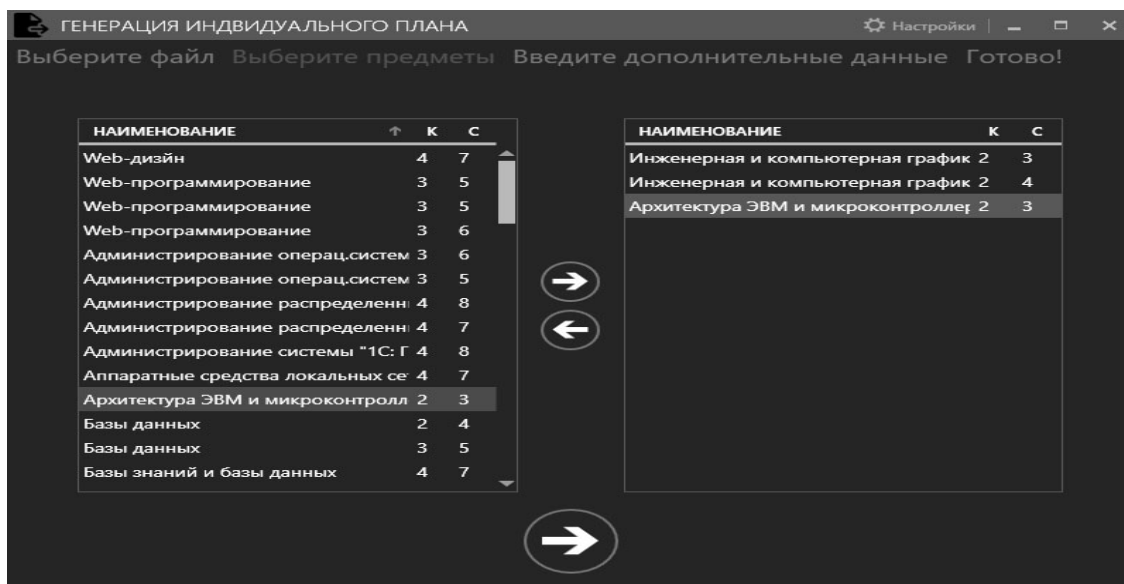


Рис. 1. Окно выбора учебных дисциплин

На третьем шаге, после выбора пункта меню, «Введите дополнительные данные», преподавателю необходимо ввести количество студентов на каждом из курсов, у которых он является руководителем курсовых и дипломных работ.

Теперь преподавателю остаётся выбрать папку для сохранения создаваемого документа. При необходимости, существует возможность добавить новые данные в уже сформированный индивидуальный план. Пример сформированного документа показан на рис. 2.

1. Учебная работа на 2018/2019 уч.год																
ОСЕННИЙ СЕМЕСТР																
Название учебных дисциплин и видов учебной работы	Направление, специальность, факультет	Группа (поток)	Формы обучения	кол-во студентов	лекции	практик (семинары)	лаб. занятия	инд. контр.	консультации	экзамены	курсовые работы	дипломная работа	диссертация	магистерская диссертация	руководство	гос. экзамены
Очная форма обучения (бюджет)																
Архитектура ЭВМ и микроконтроллеров	ИВТ	6 групп	2	94	36		36	23,50	13,5	7,6						116,60
Инженерная и компьютерная графика	ИВТ	6 групп	2	94	36		36	23,50	13,5	7,6						116,60
Операционные системы	ИВТ	7 групп	3	81	36		36	20,30	11,7	6,5	26,70					137,20
Программирование на языках низкого уровня	ИВТ	7 групп	3	81	18		36	20,30	8,7	6,5						89,50
Курсовая работа	ИВТ		3	3							9					9,00
Итого по очной форме обучения (бюджет)					126		144	87,60	47,4	6,5	21,70	26,70	9			468,90
Очная форма обучения (контракт)																
Архитектура ЭВМ и микроконтроллеров	ИВТ		3	1				0,30	0,1	0,1						0,50
Инженерная и компьютерная графика	ИВТ		3	1				0,30	0,1	0,1						0,50
Операционные системы	ИВТ		3	1				0,30	0,1	0,1	0,30					0,80
Программирование на языках низкого уровня	ИВТ		3	1				0,30	0,1	0,1						0,50
Итого по очной форме обучения (контракт)					0		0	1,20	0,4	0,3	0,30	0				2,30
Итого по очной форме обучения					126		144	88,8	47,8	6,6	22,00	27,00	9			471,20
Заочная форма обучения (бюджет)																
Программирование на языках низкого уровня	ИВТ, уск		3	16	4		10	1,3		1,3						16,60
Операционные системы	ИВТ, уск		3	16	8		8	1,6	1,3		5,28					24,18
Архитектура ЭВМ и микроконтроллеров	ИВТ, уск		2	8	7		5,6	0,9		0,7						14,20
Инженерная и компьютерная графика	ИВТ, уск		2	8	4,9		5,6	0,7		0,7						11,90
Итого по заочной форме обучения (бюджет)					23,9		29,2	4,5		2,7						66,88
Заочная форма обучения (контракт)																
Архитектура ЭВМ и микроконтроллеров	ИВТ		2	4	3		2,4	0,4		0,4						6,20
Инженерная и компьютерная графика	ИВТ		2	4	2,1		2,4	0,4		0,4						5,30
Программирование на языках низкого уровня	ИВТ		3	9	5		9	0,8		0,8						15,60

Рис. 2. Пример сформированного документа

В ходе реализации системы было проведено ее тестирование на данных преподавателей кафедры. Система показала полное соответствие поставленным требованиям, эффективное формирование индивидуальных планов работы преподавателей.

В заключении стоит отметить, что предложенный метод повышения эффективности заполнения индивидуального плана преподавателя по данным документов учебной нагрузки кафедры позволяет значительно снизить затраты времени на заполнение документов, избежать ошибок заполнения документа и подсчета итоговых сумм.

Список литературы

1. Порядок организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой народной республики: Приказ Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики № 1171 от 10.11.2017. URL: <https://gisnpa-dnr.ru/npa/0018-1171-20171110/> (дата обращения: 25.09.2018).
2. Статья на тему: Индивидуальный план преподавателя как средство подготовки к аттестации. URL: <https://nsportal.ru/npo-spo/obrazovanie-i-pedagogika/library/2017/01/11/individualnyy-plan-prepodavatelya-kak-sredstvo> (дата обращения: 25.09.2018).

МЕТОД ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ НАПРАВЛЕННЫМ ДВИЖЕНИЕМ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА

Ломонос Г.Т.

ГОУ ВПО “Донецкий национальный университет”, г. Донецк, ДНР
lomonos.gn@gmail.com

Введение. При проведении подготовительных выработок на шахтах выполняются проходческие работы, которые могут обеспечиваться комбайновым способом. Повышение интенсивности горных работ обуславливает необходимость совершенствования комбайновой проходки, чему способствует автоматизация горнопроходческих машин и в частности решение задачи автоматического управления направленным движением комбайна в горной выработке или индикация его отклонения от заданного направления при ручном и дистанционном управлении.

Актуальным для угольной промышленности является повышение уровня безопасности и санитарно-гигиенических условий труда горняков. С этой целью разрабатываются роботизированные системы управления горными машинами, обеспечивающими высвобождение человека от трудоемкой и опасной работы на подземных участках.

Автоматизированный проходческий комбайн как объект автоматизации включает ряд подсистем, одна из которых выполняет функцию автоматической ориентации, стабилизирующей комбайн в заданном направлении движения и по углу крена.

Проходческие комбайны, как объект автоматизации их направленного движения, являются неустойчивыми динамическими звеньями без самовыравнивания. В случае их отклонения от заданного направления движения в вертикальной или горизонтальной плоскостях ошибка, если её не устранять, возрастает. Неустойчивость комбайна к поддержанию заданного направления и тяжёлые условия эксплуатации (запылённость, вибрации, изменение гипсометрии пласта затрудняют построение надёжных и эффективных систем автоматической ориентации. Наиболее известные из применяемых систем основаны на задании ориентации лазерными излучателями: СКДК на комбайнах ПК8М и УРАЛ-10КС, ЛАСТУГМ -1 на 4ПП2 [1].

Цель. В данной работе предлагается метод решения задачи автоматической ориентации проходческого комбайна, основанный на навигации по высокоточному 3D датчику пространственной ориентации. При проведении подготовительных горных выработок основным процессом проходческого цикла комбайном является разрушение горной породы, ее удаление из забоя выработки и погрузку на транспортные средства. При этом

проходческий комбайн (ПК) в автоматическом режиме к началу нового цикла должен продвигнуться для продолжения подготовительной выработки по заданному маршруту с учетом компенсации отклонений по направлению и углам наклона. В течение проходческого цикла с задаваемым шагом дискретности по времени запоминаются показания датчика по трем координатам, тем самым фиксируется динамика отклонения пространственного положения комбайна. По окончании очередного цикла контроллер управления вычисляет пространственную смещенность направления и углов наклона ПК относительно начала проходческого цикла. На основании вычисленных смещенностей и программного задания направления определяются величины рассогласования для выполнения управления механизмами ПК коррекции нового пространственного положения перед началом следующего цикла с целью минимизации отклонения по направлению прохождения горной выработки.

Результат. Разработанное программное обеспечение позволяет при помощи имитационного моделирования определить временные и технические параметры для реализации подсистемы роботизированного комплекса задачи автоматической ориентации, стабилизирующей комбайн в заданном направлении движения и по углу крена.

На рис. 1 представлен пример моделирования по координате x – направление продвижения ПК.

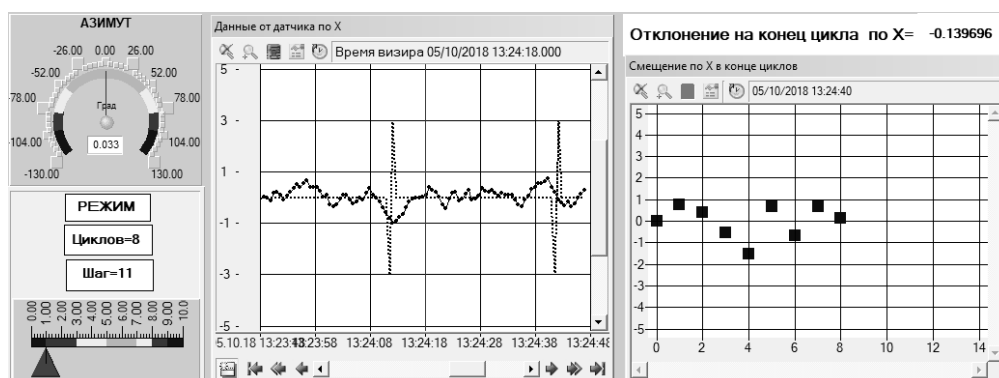


Рис. 1. Результаты имитационного моделирования прохождения комбайном восьми циклов

В данном примере на первом тренде между метками представлены данные измерения от датчика по одной из координат в течение одного цикла. Всего циклов 8, что соответствует 4 метрам продвижения комбайна. На втором графике вычисленные смещенности после каждого цикла. В результате работы алгоритма коррекции итоговая смещенность составляет менее 1 градуса.

Список литературы

1. Автоматизация проходческих работ. URL: <https://studizba.com/lectures/6-gorno-geologicheskaya-otrasl/205-avtomatizaciya-proizvodstvennyh-processov-na-gornyh-predpriyatiyah/2499-4-avtomatizaciya-prohodcheskih-rabot.html>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАТФОРМЫ TELEGRAM MESSENGER В ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ОФОРМЛЕНИЯ ЗАКАЗА ПРОДУКЦИИ

Мартыненко А.М.¹, Логвинова С.В.^{1,2}

¹ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

²ГУ «Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк, ДНР
songirl@ex.ua

Введение. В связи со стремительным развитием информационных технологий автоматизация различных работ является востребованной задачей. Смартфоны, как и мессенджеры являются на данный момент неотъемлемой частью жизни человека. Автоматизация в бизнесе актуальна на данных платформах, поэтому они очень популярны не только среди обычных пользователей, но и среди предпринимателей. Через Telegram, Viber, WhatsApp можно организовать рассылку информации о своих товарах клиентской базе. Так почему бы не реализовать возможность автоматического предоставления интересующей клиента информации и оформления заказа. Данная задача будет реализована на платформе Telegram Messenger (далее Telegram) на примере заказа продукции суши-бара.

Актуальность данной разработки заключается в том, что мессенджер является популярным в нашей республики среди людей молодого и среднего возраста, которые постоянно пребывают в движении. Находясь в общественном транспорте, просматривать меню и оформлять заказ гораздо удобней, чем просматривать неадаптированные под смартфон сайты.

Целью данной работы является исследование платформы Telegram и разработка на ее основе бота позволяющего просматривать товары и оформлять заказы.

Исследование платформы. Telegram – это кросс-платформенный мессенджер. Работа с ним доступна через персональные компьютеры, ноутбуки, смартфоны, планшеты. Он легкий и быстрый. Одним из преимуществ данной программы является доступность для всех главных операционных систем – Windows, MacOS, Linux. Так же в мессенджере превосходная синхронизация, это связано с тем, что данные хранятся в облаке в специальном хранилище. И взамен мессенджер абсолютно не требователен, будет полноценно функционировать и на офисном компьютере операционной системой Windows XP, и на смартфоне с операционной системой Android 2.3 не говоря уже о более новых устройствах.

В данной работе Telegram выступает клиентом, чтобы бот мог понимать и обрабатывать команды пользователя следует разработать

сервер. После завершения этапа разработки сервера взаимодействие бота и пользователя, посредством перечня команд и их взаимосвязи между собой, изображено на рисунке 1.



Рис. 1. Перечень команд

В зависимости от выбора, пользователь получает доступ к различным командам, цепочка которых завершается оформлением заказа.

В **заключении** следует сказать, что данная работа является одним из модулей системы автоматизации оформления заказа, которая на данном этапе находится в активной разработке.

Список литературы

1. Telegram Bot API/ URL: <https://core.telegram.org/bots/api>

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОНТРОЛЯ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

Нестругина Е.С., канд. техн. наук

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

tec4@mail.ru

Оценка функционального состояния опорно-двигательной системы при различных ее патологических состояниях является сложной задачей. Позвоночник является главной опорной структурой нашего тела. Позвоночник человека служит остовом, к которому крепятся кости и мышцы верхних и нижних конечностей. Кроме того, позвоночник является составной частью задних стенок грудной, брюшной и тазовой полостей, участвует в движении головы и туловища [1].

Большая частота заболеваний позвоночника у современного человека обусловлена высоким уровнем травматизма. Также люди большую часть времени проводят сидя, тем самым, нагружая позвоночные мышцы больше, чем они могут выдержать. Испытывающий значительную нагрузку позвоночник, может стать причиной заболевания организма [1].

Контроль состояния двигательных функций человека в процессе реабилитации после травмы является актуальной задачей. Имеющиеся в распоряжении врача клинические средства определения нарушений двигательных функций человека не позволяют получить точную количественную и качественную информацию [2].

Предлагаемая информационная технология основана на исследовании изменений формы позвоночника, в том числе отклонений от нормы физиологических изгибов. Для этого предлагается на теле человека закрепить 17 датчиков, с помощью которых обеспечивается контроль двигательных функций человека в процессе реабилитации после травмы во времени и в пространстве [2].

Все данные являются объективными, что позволяет проводить глубокий анализ функциональных изменений со стороны опорно-двигательной системы. Данная технология позволяет производить автоматизацию процесса сбора информации о состоянии позвоночника человека в процессе реабилитации после травматизма в реальном времени, передачу, обработку и визуализацию для принятия решений [3].

Информационная технология контроля текущего состояния опорно-двигательной системы человека должна выполнять следующие функции:

- измерение угла наклона и направления наклона от вертикальной оси в контролируемых точках;
- вывод на индикацию измеряемых данных;

- передачу измеряемых данных в микропроцессорный анализатор состояния (МАС);
- обработка данных в МАС.

Для контроля процесса реабилитации двигательных функций человека необходимо собрать достаточное количество данных о состоянии нижних конечностей и позвоночника в пространстве в реальном времени. Для этого на теле человека закрепляются 17 датчиков (рис. 1). Датчики закрепляются специальным способом. Таким образом, получена многоточечная измерительная система контроля текущего состояния опорной структуры человека (ИС ОСЧ). Она включает в себя семнадцать измерительных точек опорной структуры (ИТОС). Данные со всех измерительных точек поступают в устройство сбора и передачи информации (УСПИ). Далее данные передаются в микропроцессорный анализатор состояния (МАС). На основании вышеизложенного, структурная схема МАС контроля текущего состояния опорно-двигательной системы человека имеет вид, представленный на рис. 1[1, 3].

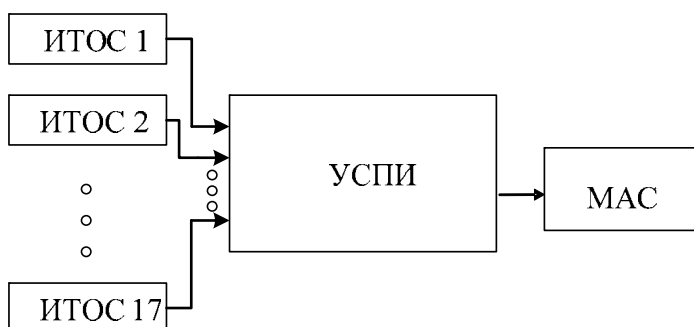


Рис. 1. Структура анализатора МАС

ИТОС измеряют угол и направление наклона от вертикальной оси. Измерение данных параметров производится датчиком ориентированного положения (ДОП). Далее по шине данных с чувствительного элемента данные вводятся в устройство кодирования местоположения подвижного ЧЭ на матрице (УКММ). Микропроцессорный модуль входного канала (ММВК), управляя УКММ, получает данные от датчиков. Он также управляет блоком индикации состояния датчика (БИС). Далее данные передаются в устройство сбора и передачи информации (УСПИ) посредством встроенного в микропроцессор последовательного интерфейса USART (рис. 2).

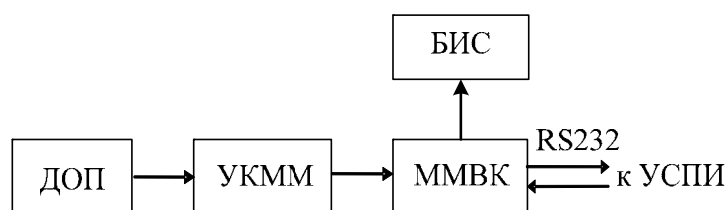


Рис. 2. Структурная схема ИТОС

Напряжение от датчиков подаётся, через нормирующий делитель на фильтр, который предназначен для устранения помех и выделения первой гармоники измеряемого сигнала. Далее напряжение поступает на АЦП и компаратор, встроенные в микроконтроллер ATMEGA8. Микроконтроллер обрабатывает поступившие данные и выдает информацию на БИС.

Для того, чтобы синхронизировать сбор данных, УСПИ вырабатывает синхросигнал частотой 50 Гц, который подается на все ИТОС. Чтобы получить данные от датчиков, УСПИ выдает разрешающий сигнал.

Устройство сбора и передачи информации получает данные от измерительных каналов посредством мультиплексора, управляемого микропроцессором.

Таким образом, УСПИ включает в себя мультиплексор, дешифратор и микропроцессорный блок.

Далее данные с УСПИ передаются в ПЭВМ посредством встроенного в микропроцессор последовательного интерфейса USART. В ПЭВМ производится дальнейшая обработка и анализ поступивших данных.

Таким образом, предложенная информационная технология контроля текущего состояния опорно-двигательной системы человека в процессе реабилитации после травмы, позволяет выполнить: автоматизацию процесса сбора информации в реальном времени, обработку и передачу на ПЭВМ, визуализацию данного процесса для принятия решений.

Список литературы

1. Чичикало Н.И. Информационно-измерительная система контроля текущего состояния опорной структуры человека / Н.И.Чичикало, Е.С.Нестругина // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Обчислювальна техніка та автоматизація». – Донецьк: ДонНТУ, 2012. – Вип. 22 (200). – С.201–207.
2. Нестругина Е.С. Концепция определения состояния двигательных функций человека в процессе реабилитации после травматизма / Е.С.Нестругина, Н.И.Чичикало // «Искусственный интеллект». – №2. – Донецьк: Вид-во ІПШІ МОН і НАН України «Наука і освіта», 2011. – 194 с.
3. Нестругина Е.С. Контроль процесса реабилитации двигательных функций человека / Е.С.Нестругина, Н.И.Чичикало // VIII міжвузівська науково-практична конференція студентів та молодих вчених «Інформаційні технології та сучасність», Донецьк, травень 2011 р.: збірник тез доповідей. – Донецьк: ДНУЕТ, 2011. – С.11-12.

РАЗРАБОТКА СИНТАКСИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА РУССКОГО ЯЗЫКА НА ОСНОВЕ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Пикалёв Я.С.

ГУ «Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк, ДНР

pikaliov@gmail.com

Синтаксический анализ является одним из ключевых направлений в сфере обработки естественного языка, которая является в область исследований искусственного интеллекта. Синтаксический анализ применяется как инструмент в других видах задач обработки естественного языка, например, системы реферирования, определение семантики, системы исправления опечаток, а также в сферах текстовой аналитики. Задача разработки синтаксического анализа является актуальной на сегодняшний момент, что подтверждается, посвящённым ей конференциям («Диалог», CONNLU) и публикуемым работам. Данная работа посвящена разработке синтаксического анализатора (парсера) с применением глубоких нейронных сетей (НС) для его дальнейшего применения в задаче нормализации текста.

Анализ доступных решений

В качестве основных метрик для парсера используются оценка немаркированной принадлежности (Unlabelled Attachment Score, UAS) и оценка маркированной принадлежности (Labelled Attachment Score, LAS). UAS это процент слов, чья синтаксическая позиция правильно определена; LAS это процент слов, чья синтаксическая позиция правильно определена с помощью соответствующей метки зависимостей (subject, object) [1]. UAS и LAS используют как на уровне слов (UAS_w), так и на уровне предложений (UAS_s):

$$UAS_w = \frac{\sum_{i=0}^n h_{wri}}{W}; LAS_w = \frac{\sum_{i=0}^n hl_{wri}}{W}; \quad (1)$$

$$UAS_s = \frac{\sum_{i=0}^n h_{wri}/W}{n}; LAS_s = \frac{\sum_{i=0}^n hl_{wri}/W}{n}; \quad (2)$$

где i – индекс предложения; n – количество предложений; h_{wri} – количество правильно определённых синтаксических позиций; hl_{wri} – количество правильно определённых синтаксических меток и позиций; W – общее количество слов.

При анализе доступных решений в Сети были найдены готовые модели для русского языка: Parsey Universal (UAS_s : 81.75%; LAS_s : 77.71%); Udpire (UAS_s : 89.8%; LAS_s : 87.2%). Но они обладают недостаточной точностью, используют медленный алгоритм парсера, а также для них нельзя применить ускорение на уровне графических микропроцессоров.

Данные для обучения. Для применения НС-метода необходима большая база обучающих примеров. При обучении парсера в настоящее время используют данные стандарта Universal Dependencies treebank (UDT) [2]. В Сети были найдены следующие корпуса для обучения парсера русского языка формата UDT: Russian UDT; Parallel UDT, SynTagRus UDT, Taiga UDT [3].

Описание нейросетевой модели. НС-модель, используемая для разработки данного синтаксического анализатора основана на свёрточных слоях (CNN), т. к. синтаксический анализатор будет использоваться для задач нормализации текста, а данная НС-архитектура является оптимальной для данной цели. В связи с этим была использована НС, состоящая из 3-х свёрточных НС, с использованием слоя внимания (attention, для формирования контекстных векторов) – 3-CNN-attention. Каждый свёрточный слой содержит 200 слоёв в глубину, а данные подающиеся на вход НС представлены вектором размерностью в 64 единицы (200*64 признаков).

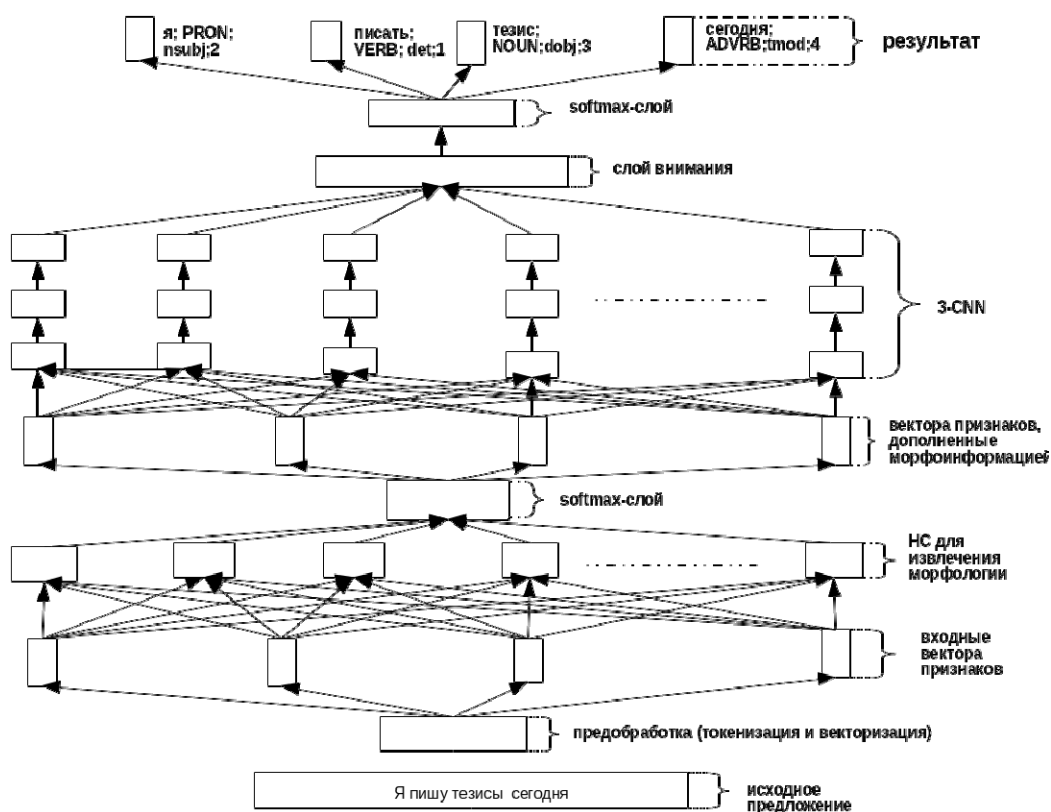


Рис. 1. Схема работы парсера, структура НС

Главная идея данной НС заключается в формировании контекстного вектора для каждого слова в предложении. 3-CNN выполняет роль парсера, а в качестве морфоанализатора (определение части речи и начальной формы слова) используется предобученная НС, представленная на

конференции «Диалог» [4]. Одновременное использование как синтаксической, так и морфологической информации в качестве входных данных позволяет добиться улучшения в точности. В качестве входной информации используются слова с соответствующей морфологической информацией (слово: мам; лемма: мама; часть речи: NOUN), а в качестве соответствующих меток (классов) — синтаксическая позиция и метка (позиция: 1; метка: nsubj). При обучении данной НС использовалось 30 эпох. Результаты обучения отображены на рис. 2.

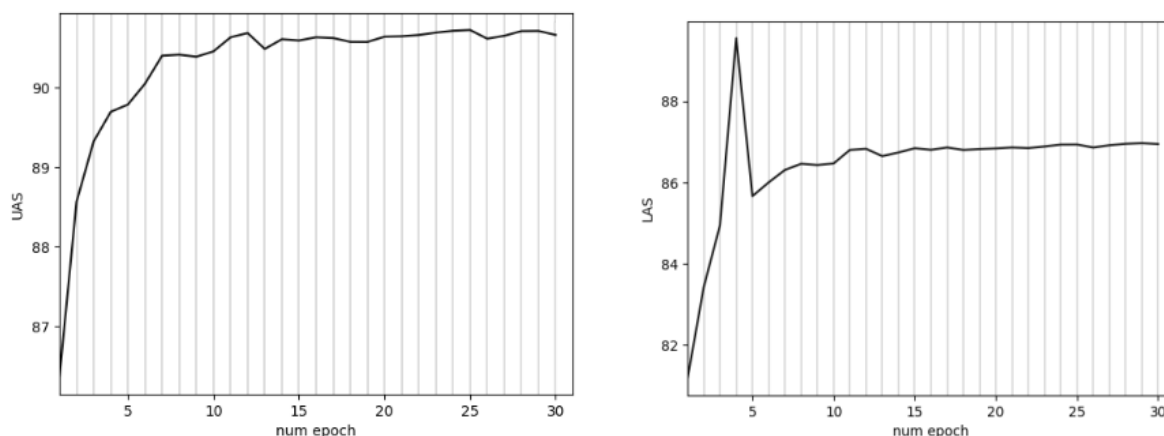


Рис. 2. Результаты обучения НС-модели парсера

Таким образом, была выбрана модель из 4-ой эпохи обучения, данных показателей UAS и LAS достаточно для поставленных целей перед парсером.

Список литературы

1. De Marneffe M.C., Manning C.D. Stanford typed dependencies manual. – Technical report, Stanford University, 2008. – С. 338-345.
2. CoNLL-U Format [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://universaldependencies.org/format>. – (Дата обращения: 02.10.2018).
3. Comparison of Treebank Statistics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://universaldependencies.org/treebanks/ru-comparison.html>. – (Дата обращения: 02.10.2018).
4. Anastasyev D. G., Gusev I. O., Indenbom E. M., 2018, Improving Part-of-speech Tagging Via Multi-task Learning and Character-level Word Representations.

О СИСТЕМАХ ПРОВЕРКИ ПРАВОПИСАНИЯ РУССКОГО ЯЗЫКА

Пикалёв Я.С.¹, Вовнянко А.С.²

¹ГУ «Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк, ДНР

²ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

pikaliov@gmail.com, vovnyankoaleksander@gmail.com

Разработка систем проверки правописания, показывающих оптимальный результат, является одной из ключевых проблем направления обработки естественного языка (natural language processing, NLP). Актуальность данной проблемы подтверждается широким внедрением систем проверки правописания в большинство видов программных продуктов (текстовые редакторы, системы автоматического перевода и т.п.), а также использованием исследователями и разработчиками для других задач NLP и искусственного интеллекта. На момент написания данной работы в открытой печати отсутствуют статьи, посвященные задаче обзора систем проверки правописания для русского языка. В связи с этим, актуальной задачей является анализ систем проверки правописания для русского языка среди существующих решений. Цель данной работы состоит в выборе оптимальной системы проверки правописания для русского языка, используя оценку данных систем по разработанной авторской методике.

Обзор существующих аналогов

Так как существует большое множество различных решений среди автоматических систем проверки правописания (АСПП) для русского языка, был сформирован ряд критериев для их отбора:

- возможность прямого обращения (через web-интерфейс или в качестве программного модуля);
- возможность обратного получения списка возможных вариантов (некоторые решения просто подчеркивают слова);
- кроссплатформенность;
- свободный или условно-свободный доступ;
- возможность пословной проверки (большинство решений предназначены исключительно для проверки текстовых корпусов).

Из множества решений были отобраны следующие АСПП: Яндекс.Спеллер [3], Google Spellchecker [4], Hunspell [5], LanguageTool [7].

Экспертная оценка автоматических систем проверки правописания для русского языка. Для экспертной оценки АСПП был определен список критериев: интерфейс (K1); алгоритмы (K2); доступность (K3); размер словаря (K4); наличие документации (K5); орфографическая точность (OT) для слов с ошибками в начале слов (K6);

ОТ для слов с ошибками в середине слов (К7); орфографическая точность для слов с ошибками в конце слов (К8); общая ОТ (К9). ОТ является коэффициентом точности определения ошибок в слове с последующей заменой слова на корректное; введен авторами работы. Алгоритм определения ОТ в данной работе состоит в следующем

1. Взять n случайных слов из словаря (в данной работе $n=1000$), размером не менее 100 тыс. слов.

2. Провести зашумление слов, что подразумевает явное добавление ошибок в слова. Используется три категории зашумления слов: в начале слов; в середине слов; в конце слов. Пример зашумления для слова «лютеранка»: «яютеранка» – «лютреанка» – «лютерана».

3. Получив три массива зашумлённых слов, подать их в качестве входных значений выбранным системам проверки правописания, и получить результирующие значения в качестве векторов массивов исправленных слов. Пример исправления слова «лютерана» системой Hunspell: «лютеранка»; «лютеранина».

4. Провести оценку полученных векторов исправленных слов. Если в массиве возможных верных вариантов слова, эталонному слову соответствует первое слово в массиве – то данной системе начисляется 1 балл. Если верный вариант находится в массиве, но оно не первое – то начисляется 0.5 балла. Если в массиве возможных вариантов слов отсутствует верное – то системе начисляется 0 баллов.

5. На основе полученных данных вычислить коэффициент ОТ для каждого уровня зашумлённости, используя формулу:

$$OT = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n}; 0 \leq n \leq s_{voc} \quad (1)$$

где n – это общее количество случайных слов; $\sum_{i=1}^n m_i$ – сумма полученных баллов для системы; s_{voc} – размер словаря, из которого случайным образом выбираются слова.

6. После получения коэффициентов вывести общий коэффициент ОТ (OT_{av}) на основе полученных на предыдущем этапе коэффициентов ОТ для каждой категории зашумления:

$$OT_{av} = \frac{OT_{beg} + OT_{mid} + OT_{end}}{3}, \quad (2)$$

где OT_{beg} – ОТ для зашумления в начале слов; OT_{mid} – для зашумления в середине слов; OT_{end} – для зашумления в конце слов.

Результаты вычисления коэффициентов ОТ по вышеуказанному алгоритму отображены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты вычисления коэффициентов ОТ для анализируемых АСПП

АСПП	OT_{beg}	OT_{mid}	OT_{end}	OT_{av}
Яндекс.Спеллер	0.56	0.81	0.64	0.67
Google Spellcheck	0.55	0.62	0.41	0.53
Hunspell	0.74	0.97	0.6	0.77
LanguageTool	0.84	0.83	0.67	0.78

Используя статистические методы (метод анализа иерархий (МАИ) [1] и метод Борда [2]), а также выбранный список критериев и результаты из табл. 1, выведем наилучшие варианты для Яндекс.Спеллер (B1), Google Spellchecker (B2), Hunspell (B3), LanguageTool (B4). Стоит отметить, что для МАИ была использована собственная шкала распределения баллов – от 1/5 до 5, т.е. 5-балльная. Результаты оценки АСПП для МАИ и метода Борда приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты экспертной оценки для АСПП

	Яндекс.Спеллер	Google Spellcheck	Hunspell (PyEnchant)	Language Tools
$v'A_j$	0.247	0.21	0.269	0.274
S_k	17	18	13	13

Дополнительно АСПП были проанализированы по критериям, взятых из методики оценок систем автоматического распознавания речи. При оценке используется модифицированный показатель ошибки распознавания соответствий (MER, Match Error Rate), основанный на величине относительной потери информации. MER состоит в выравнивании двух текстовых строк (первая – это исправленное слово, а вторая – исходное слово) с помощью алгоритма динамического программирования с вычислением расстояния Левенштейна [3]. Расстояние Левенштейна – это метрика для определения схожести двух строк по минимальному количеству операций замены (S), удаления (D) и вставки (I) символов. Помимо этого MER оперирует количеством верно исправленных слов (H):

$$MER = \frac{S+D+I}{H+S+D+I}. \quad (3)$$

Результаты определения MER указаны в табл. 3.

Таблица 3

Результаты вычисления коэффициентов MER для анализируемых АСПП

АСПП	MER_{beg}	MER_{mid}	MER_{end}	MER_{av}
Яндекс.Спеллер	0.89	0.767	0.58	0.75
Google Spellcheck	0.56	0.74	0.36	0.55
Hunspell	0.37	0.72	0.043	0.378
LanguageTool	0.27	0.787	0.37	0.478

Используя данные из табл. 2 и табл. 3, получаем следующее ранжирование:

1. МАИ: $B4 > B3 > B1 > B2$;
2. Метод Борда: $B4, B3 > B1 > B2$;
3. MER: $B3 > B4 > B2 > B1$.

Заключение. Таким образом, наилучший результат показывают Hunspell и LanguageTool. Наихудший результат показывают Яндекс.Спеллер и Google Spellcheck. LanguageTool показывает наилучший результат для исправлений слов с ошибками в начале и в конце слов. Однако, по показателям исправления слов в середине, Hunspell показывает оптимальный результат (по критерию $OT \geq 0.9$). Стоит отметить, что LanguageTool ориентирован на английский, немецкий и испанский языки, используя нейросетевые методы на основе n-gram, а для русского языка данный функционал отсутствует.

На основе полученных результатов, можно сделать вывод, что ни один из проанализированных АСПП для русского языка не показал оптимальный результат, что делает актуальной задачу разработки подобной системы.

Список литературы

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. [Текст] / Т.Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
2. Кичмаренко О.Д. Теория принятия решений Раздел: Теория голосования. Методическое пособие [Электронный ресурс] / О.Д.Кичмаренко, А.П.Огуленко // ОНУ имени И.И.Мечникова. – 2012. – Режим доступа: http://ouek.onu.edu.ua/uploads/courses/smpr/Методичка_Теория_голосования.pdf. – (Дата обращения: 05.02.2014).
3. Levenshtein V.I. Binary codes capable of correcting deletions, insertions and reversals [Текст] / V. I. Levenshtein // Sov. Phys. Dokl. – 1966. – Vol. 6. – P. 707–710.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОМЕРНЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ПРОТИВОТОЧНЫХ СРЕДАХ

Пшеничный К.А.,

Толстых В.К., д-р физ.-мат. наук, профессор
ГОУ ВПО «Донецкий Национальный Университет» г. Донецк, ДНР
mail@tolstykh.com

В работе рассматриваются нестационарные процессы теплопереноса в противоточных средах, протекающие в теплообменных аппаратах. При численном решении взаимодействующих тепловых потоков возникают трудности, связанные с зависимостью одного теплоносителя от другого.

В одномерной постановке для нестационарного случая процессы, протекающие в противоточном теплообменном аппарате, имеют вид [1-3]:

$$\begin{cases} \frac{\partial T_1}{\partial \tau} + v_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} = \frac{1}{c_{p1}\rho_1} \left[K(T_2 - T_1) \right], \\ \frac{\partial T_2}{\partial \tau} - v_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} = \frac{1}{c_{p2}\rho_2} \left[K(T_1 - T_2) + \frac{1}{c_{p2}\rho_2} q \right], \\ \operatorname{div}(\rho_1 v_1) = 0, \\ \operatorname{div}(\rho_2 v_2) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

где $T_1(\tau, x)$ и $T_2(\tau, x)$ температуры первого и второго теплоносителя (соответственно – воздух и кислород), движущихся со скоростями $v_1(\tau, x)$ и $v_2(\tau, x)$, K – некоторый модельный коэффициент теплообмена между теплоносителями, включающий в себя как физический коэффициент теплопередачи, так и внутренние геометрические особенности теплообменника, $\tau \in [0, \theta]$ – время, $x \in [x_a, x_b]$ – пространственная координата, $c_p(T), \rho(T)$ – удельные теплоемкость при постоянном давлении и плотность теплоносителей, q – скрытая теплота парообразования. Плотность теплоносителей определялась по формуле:

$$\rho(T) = M/V(T),$$

где M – молярная масса теплоносителя, $V(T)$ – молярный объем.

Граничные условия для системы (1):

$$\begin{aligned} T_1(\tau, x_a) &= T_{1a}(\tau), & T_2(\tau, x_b) &= T_{2b}(\tau), \\ \rho_1 v_{1a} &= C_1, & \rho_2 v_{2b} &= C_2. \end{aligned} \quad (2)$$

где C_1, C_2 – константы, определяемые на границе потоков.

Начальные условия:

$$T_1(0, x) = T_{01}(x), \quad T_2(0, x) = T_{02}(x), \quad x \in [x_a, x_b]. \quad (3)$$

Для численного решения (1)-(3), проводилась конечно-разностная аппроксимация уравнений на равномерной сетке по пространству $\left\{ x_i = x_a + i\Delta x, i = 0, 1, \dots, n, \Delta x = \frac{x_b - x_a}{n} \right\}$ и по времени

$$\left\{ \tau_j = j\Delta \tau, j = 0, 1, \dots, m, \Delta \tau = \frac{T}{m} \right\}, \text{ где } T - \text{ полное время решения задачи,}$$

Для аппроксимации производных привлекалась схема «прямоугольник» [4] второго порядка точности.

При этом система (1) приобретает конечно-разностный вид:

$$\begin{cases} \frac{1}{2\Delta \tau} (T_{1,i}^{j+1} - T_{1,i}^j + T_{1,i+1}^{j+1} - T_{1,i+1}^j) + \frac{v_1}{2\Delta x} (T_{1,i+1}^{j+1} - T_{1,i}^{j+1} + T_{1,i+1}^j - T_{1,i}^j) = \\ \frac{1}{c_{P1}\rho_1} \left[K \left(T_{2,i+1/2}^{j+1/2} - T_{1,i+1/2}^{j+1/2} \right) + q \right], \\ \frac{1}{2\Delta \tau} (T_{2,i}^{j+1} - T_{2,i}^j + T_{2,i+1}^{j+1} - T_{2,i+1}^j) - \frac{v_2}{2\Delta x} (T_{2,i+1}^{j+1} - T_{2,i}^{j+1} + T_{2,i+1}^j - T_{2,i}^j) = \\ \frac{1}{c_{P2}\rho_2} \left[K \left(T_{1,i+1/2}^{j+1/2} - T_{2,i+1/2}^{j+1/2} \right) + q \right]. \end{cases} \quad (4)$$

Для расчёта температур $T_{1,i}^{j+1}$ и $T_{2,i}^{j+1}$ по данной схеме необходимо знать температуры неизвестных противоточных теплоносителей, имеющих в правых частях уравнений: $T_{2,i+1/2}^{j+1/2}$, $T_{1,i+1/2}^{j+1/2}$. Для преодоления данной проблемы расчет неизвестных температур проводился итерационно. Сначала считалась температура второго теплоносителя $T_{2,i}^{j+1}$ через температуру первого, взятого со старого временного слоя $T_{1,i+1/2}^j$. Далее температура второго теплоносителя рассчитывалась по полученной температуре первого. На этом заканчивалась первая итерация. Для последующих итераций реализовывалась схема (4) до сходимости итерационного процесса с желаемой точностью.

Расчеты проводились для теплообменного аппарата Енакиевского металлургического завода. Воздух (среда 1) охлаждается жидким

кислородом (среда 2). Начальные условия: $T_1(0, x) = 315,15 \text{ K}$, $T_2(0, x) = 90,2 \text{ K}$. Температура на границах теплообменника: $T_1(\tau, x_a) = 315,15 \text{ K}$, $T_2(\tau, x_b) = 90,2 \text{ K}$. Давления в потоках: $p_1 = 5 \cdot 10^6 \text{ Па}$, $p_2 = 2,4 \cdot 10^6 \text{ Па}$. Константы $C_1 = 4489$, $C_2 = 1647$. Расчётная сетка задавалась с ячейками $\Delta x = 0,2 \text{ м}$ и $\Delta \tau = 0,002 \text{ с}$. Модельный коэффициент теплообмена $K = 1 \cdot 10^6 \text{ Вт/м}^3 \text{ К}$. Результаты расчётов представлены на рис.1. Точками на кривых 2 отмечены зоны фазового перехода второго теплоносителя – закипание жидкого кислорода.

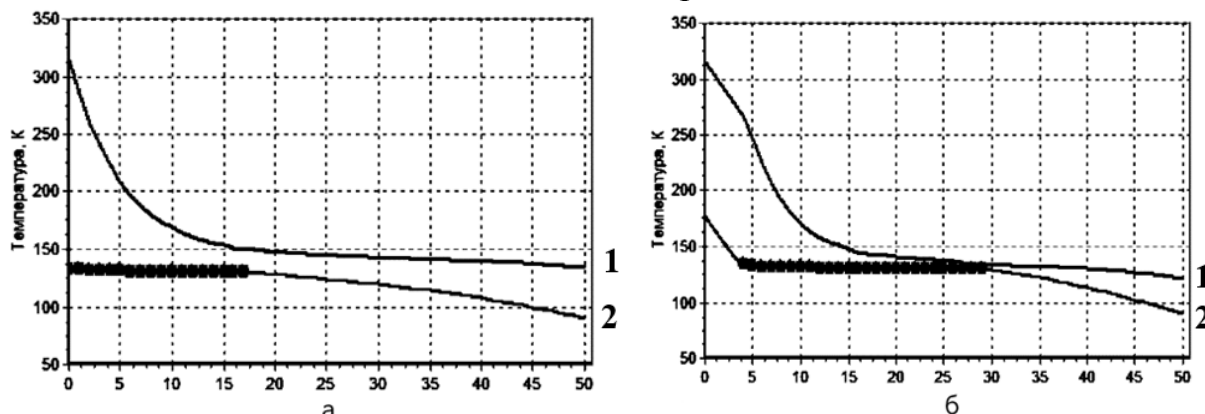


Рис. 1. Распределение температур в противоточных средах
а – после первой итерации, б – после третьей итерации

Левый график – это расчёты только с одной итерацией, а правый – с тремя, когда итерационный процесс практически сошёлся. Во втором случае расхождение температур второй и третьей итераций составило $0,02 \text{ K}$. Визуально видно, что без итераций (только одна итерация – рис. 1а) физический процесс существенно отличается от полученного в конце итераций (рис. 1б). На левом рисунке жидкий кислород закипает, но не переходит полностью в газ. При более точном расчёте – рисунок справа, жидкий кислород полностью переходит в газообразное состояние. После трёх итераций мы получили существенно возросший теплообмен между теплоносителями.

Предложенный алгоритм с итерационными перерасчётами позволил применить схему «прямоугольник» для двух взаимодействующих сред.

Список литературы

1. Крейт Ф. Основы теплопередачи: Пер. с англ. / Ф.Крейт, У.Блэк. – М.: Мир, 1983. – 512 с., ил.
2. Ландау Л.Д. Теоретическая физика гидродинамика / Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. 3-е изд., испр. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 736 с.
3. Уэйлес С. Фазовые равновесия в химической технологии: В 2-х ч. Ч. 1 / С.Уэйлес. – М.: Мир, 1989. – 304 с.
4. Самарский А.А. Теория разностных схем / А.А.Самарский. – М.: Наука, 1977. – 656 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРА МОДУЛЯЦИИ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ГОЛОСОВЫХ КОМАНД

Черкашин Е.И., Шарий Т.В., канд. техн. наук, доцент
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
tsphere@mail.ru

В ряде задач, связанных с автоматическим распознаванием речи, актуален вопрос выбора робастных признаков речевого сигнала, менее чувствительных к шуму и эффектам реверберации в помещениях. В случае ограниченности вычислительных ресурсов также возникает необходимость в простом, компактном и интегральном описании речевых фрагментов (например, голосовых команд управления роботом). Такое описание могут предоставить спектры модуляции, хорошо зарекомендовавшие себя в шумоподавлении и оценивании уровня разборчивости речи [1].

Согласно классической схеме, предложенной в [2], для вычисления спектра модуляции речевой сигнал обрабатывается банком фильтров в частотном диапазоне от 200 до 4 000 Гц с минимально перекрывающимися полосами пропускания, совпадающими с критическими полосами слуховой системы человека. В каждой полосе выделяется огибающая сигнала путем низкочастотной фильтрации выпрямленной траектории с помощью КИХ-фильтров с частотой среза 28 Гц. После стократной децимации и нормализации по среднему уровню к полученным сигналам применяется повторно преобразование Фурье в окне длительностью 250 мс со взвешиванием оконной функцией Хемминга. Процедура повторяется каждые 12,5 мс с целью захвата временных изменений и динамических свойств сигнала. В данном исследовании оценка спектра амплитудной модуляции производилась похожим, но более простым в вычислительном отношении способом, подходящим для задачи распознавания голосовых команд управления роботом. На первом шаге вычисляется кратковременное преобразование Фурье с размером окна 31,25 мс без перекрытия (при частоте дискретизации тестового сигнала 16 кГц). К каждому спектру в спектрограмме применяется банк фильтров. Применяются треугольные и прямоугольные мел- и барк-фильтры, а также гамматон-фильтры. Полученные значения энергии сигнала в каждой частотной полосе трактуются как отдельные сигналы с частотой дискретизации 32 Гц. Эти сигналы нормализуются по среднему уровню, после чего к ним применяется повторное преобразование Фурье в окне длительностью 2 с, достаточной для представления речевой команды, произнесенной с обычной интонацией. Выходом алгоритма является модель спектра модуляции, представляющая собой вектор коэффициентов,

образованный путем конкатенации всех спектров в каждом частотном канале. Также предложено исследовать «укороченную» модель спектра модуляции в виде вектора, в который входят только те коэффициенты, которые соответствуют частоте модуляции 4 Гц, т.к. медленные изменения сигнала с данной частотой особенно важны с точки зрения восприятия речи человеком и в значительно меньшей степени подвержены, например, искажениям в процессе GSM сжатия, чем традиционно используемые спектральные дескрипторы сигнала.

Для распознавания голосовых команд использовались простейшие статистические модели: классификатор на основе k ближайших соседей и машина опорных векторов.

Проведенные исследования показали перспективность подхода к распознаванию голосовых команд из небольших словарей на основе спектра модуляции речевого сигнала. Словарь включал 11 слов для управления мобильным роботом. В эксперименте принимал участие один диктор, произнесший каждое слово из словаря по 30-40 раз. Обучающая и тестовая выборка были дополнены также сигналами, программно искаженными шумом и эффектом реверберации. Вектор признаков представляет собой в первом эксперименте 384-мерный спектр модуляции (12 частотных диапазонов, в каждом из которых рассчитаны 32 спектральных коэффициента), и во втором эксперименте – 12-мерный спектр модуляции, в котором оставлены только коэффициенты модуляции на частоте 4 Гц. На примере словаря робота уже на малой обучающей выборке и с применением простейших моделей машинного обучения получена точность распознавания отдельных слов одного диктора на отметке 98-99 %. Визуальный анализ спектров модуляции демонстрирует большую устойчивость данного метода параметризации речевого сигнала к стационарному шуму и эффектам реверберации помещений по сравнению с другими популярными методами, применяемыми в современных системах распознавания речи. Вычислительная сложность метода позволяет использовать его в реальном времени.

Список литературы

1. Азаров И.С. Алгоритм очистки речевого сигнала от сложных помех путем фильтрации в модуляционной области / И.С.Азаров, М.И.Вашкевич, Д.С.Лихачев, А.А.Петровский // Цифровая обработка сигналов. – №4. – 2013. – С.25-31.
2. Greenberg S. The modulation spectrogram: In pursuit of an invariant representation of speech / S. Greenberg, B.E.D. Kingsbury // Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. – 1997. – P. 1647-1650.

Механика твердого тела

УДК 532.5

ОПЕРАТОР ОБМЕНА В МЕХАНИКЕ

Айдагулов Р.Р.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

a_rust@bk.ru

Введение. В работе [1] методы осреднения в механике используются не столько для вывода новых уравнений, сколько для обоснования старых, уже используемых уравнений. Это связано с тем, что при более аккуратном осреднении, с учетом хаотического микродвижения и сил взаимодействия между хаотически движущимися малыми частицами (молекулами), осредненные уравнения получаются псевдодифференциальными (нелокальными). Впервые выводимые здесь нелокальные уравнения появились в тезисах доклада автора на международной конференции, посвященной 100-летию Х.А. Рахматулина. Однако, их вывод автор не публиковал. Здесь приводится вывод универсальных уравнений для сплошной среды.

Универсальные уравнения сплошной среды. Уравнения сплошной среды получаются осреднением динамических уравнений Ньютона:

$$m_i \frac{d^2 \mathbf{r}_i}{dt^2} = \mathbf{F}_i + \sum_j \mathbf{F}_{ji}, \quad \mathbf{F}_{ji} + \mathbf{F}_{ij} = 0.$$

В дискретном случае распределение массы задается функцией

$$f_m(\mathbf{r}') = \sum_i m_i \delta(\mathbf{r}' - \mathbf{r}_i).$$

Осреднение является оператором, сглаживающим функции распределения и применяется к функциям распределения сохраняющихся величин – массы, импульса, энергии. Естественно считать это линейным (непрерывным) оператором, сохраняющим постоянные распределения и переводящим неотрицательное распределение в неотрицательные функции.

Исходные уравнения инвариантны относительно группы Галилея. Естественно требовать выполнение этого свойства и для осредненных уравнений. Эти требования определяют оператор осреднения как свертку с некоторым ядром P :

$$\overline{f_m}(\mathbf{r}) = \int P(\mathbf{r} - \mathbf{r}') f_m(\mathbf{r}') d\mathbf{r}',$$

где $P(\mathbf{r})$ – неотрицательная сферически симметричная функция, интеграл от которой равен 1. Определим плотность ρ как осреднение распределения массы и вектор потока $\rho \mathbf{v}$ как осреднение импульса:

$$\rho(\mathbf{r}, t) = \int P(\mathbf{r} - \mathbf{r}') f_m(\mathbf{r}') d\mathbf{r}', \quad \mathbf{I} = \rho \mathbf{v} = \int P(\mathbf{r} - \mathbf{r}') \frac{d}{dt} f_m(\mathbf{r}') d\mathbf{r}'.$$

Используя только правила дифференцирования свертки получаем уравнение непрерывности:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \mathbf{v}) = 0 \quad (1)$$

Здесь сферическая симметричность ядра P не используется. Однако, у повернутой системы отсчета значения координат скорости могут не совпасть с поворотом скорости в старой системе, если ядро не является сферическим симметричным. Сферическая симметричность ядра нужна для инвариантности уравнений при поворотах системы отсчета. Если ядро осреднения бесконечно дифференцируемая функция, то осредненная функция будет так же бесконечно дифференцируемой. Желательно, чтобы вторичное применение операции осреднения ничего не меняло. Однако, такое свойство выполняется только для тождественного оператора. Можно определить подобное осреднение с масштабом a заменяя ядро $P(\mathbf{r})$ на $\frac{1}{a^n} P(\frac{\mathbf{r}}{a})$. Тогда желательным свойством будет равенство двойного осреднения одинарному с другим масштабом. Этому требованию удовлетворяет единственное с точностью до масштаба осреднение (по мере) Гаусса с ядром $P(\mathbf{r}) = \exp(-\pi \mathbf{r}^2)$. При этом осреднение радиуса R_1 потом осреднение радиуса R_2 эквивалентно одному осреднению радиуса $\sqrt{R_1^2 + R_2^2}$. Стандартным способом получается и уравнение сохранения импульса:

$$\frac{d\rho \mathbf{v}}{dt} = -\nabla p + \mathbf{F} + A(\mathbf{I}). \quad (2)$$

Здесь $\mathbf{F}$ – осредненная внешняя сила, действующая на точку с координатами $\mathbf{r}$, p – давление, соответствующее шаровому тензору $p\delta_k^l = \sigma^{lk} = \int P(\mathbf{r} - \mathbf{r}') \sum_i m_i \Delta v_i^l \Delta v_i^k \delta(\mathbf{r}' - \mathbf{r}_i(t)) d\mathbf{r}'$.

Оператор $A(\mathbf{I})$ характеризует интенсивность взаимодействия (обмена импульсами) между разными частями сплошной среды и выражается интегралом $\int P(\mathbf{r} - \mathbf{r}') \sum_{ji} F_{ji} d\mathbf{r}'$. Этот член выражается не локальным оператором примененным к импульсам $\rho \mathbf{v}$. Часто этот член включают в тензор напряжений или выдумывают локальный тензор (вязких напряжений), зависящий от тензора скоростей деформаций. На самом деле такое представление обычно ошибочное. Между соприкасающимися пластинами при стремлении толщины к нулю объемная плотность этой силы стремится к бесконечности, а поверхностная к нулю. Однако при взаимодействии с другой поверхностью (с границей) из-за конечной разности скоростей (не прилипание) эта сила ведет себя как поверхностная сила трения и она диссипативная.

Займемся выводом вида этой осредненной силы взаимодействия. Из-за того, что обмен импульсом происходит между многими частицами,

расположенными около координаты $\mathbf{r}$ и $\mathbf{r}'$ суммарный обмен между всеми частицами будет определяться как обмен между осредненными импульсами, т.е. оператор $A(\mathbf{I})$ представляется в виде:

$$A(\mathbf{I}) = \int P(\mathbf{a}, \tau, |\mathbf{I} - \mathbf{I}'|) \exp\left(-\tau \frac{d}{dt}\right) (T_{\mathbf{a}}\mathbf{I} - \mathbf{I}) d\mathbf{a} d\tau. \quad (3)$$

Здесь учтено, что нелокальное взаимодействие (с запаздыванием (сдвигом) по пространству) проходит и с запаздыванием по времени. Оператор $T_{\mathbf{a}}\mathbf{I}$ смещает функцию по пространственной координате на вектор $\mathbf{a}$, а оператор $\exp\left(-\tau \frac{d}{dt}\right)$ смещает функцию на точку, где она была в момент времени $t-\tau$. Функция $P(\mathbf{a}, \tau, |\mathbf{I} - \mathbf{I}'|)$ учитывает амплитуду (интенсивность) с каким весом входит в интеграл разница импульсов $\mathbf{I} - \mathbf{I}'$ сдвинутых по пространственной координате на вектор $\mathbf{a}$ с запаздыванием на время τ . Остается определить функцию $P(\mathbf{a}, \tau, |\mathbf{I} - \mathbf{I}'|)$. Эта функция характеризует вероятность смещения частицы на вектор $\mathbf{a}$ за время τ за счет броуновского движения. Под броуновским движением здесь понимается движение (смещение), равное нулю в среднем, являющееся разницей между реальным движением частицы и осредненной скорости в этой точке. Смещения при броуновском движении суммируются как случайные величины. Согласно закону больших чисел (центральная предельная теорема) сумма большого числа n независимых случайных величин x_i стремится к случайной величине с нормальным распределением с дисперсией $D = \sum_i d_i$, где d_i – дисперсия x_i . Следовательно, вероятность того, что после n смещений частица окажется на расстоянии $|\mathbf{a}|$ равна $C_1 \exp\left(-\frac{a^2}{c_{2nd}}\right)$. Учитывая, что количество случайных смещений в среднем растет пропорционально времени, определяется закон линейного обмена импульсами:

$$P(\mathbf{a}, \tau) = C \frac{\exp\left(-\pi \left(\frac{a}{R_0}\right)^2 \frac{1}{\omega_0 \tau} - \omega_0 \tau\right)}{a^{k-1} R_0 \sqrt{\omega_0 \tau}}, \quad a = |\mathbf{a}|. \quad (4)$$

Здесь $k = 3$ – размерность пространства. Когда радиус нелокальности R_0 мал по сравнению с характерным размером задачи $R_0 \ll L$, уравнения ламинарного течения переходят в уравнение Навье-Стокса с кинематической вязкостью $\vartheta = R_0^2 \omega_0$ при $C=6$. Соответственно, зная кинематическую вязкость ϑ , остается определить только один параметр – радиус не локальности R_0 .

На самом деле, оператор обмена $A(\mathbf{I})$ из (3) и его линейный вид (4) являются универсальными, относящимися к любым видам обмена сохраняющихся величин – обмен массы (концентрацией) при диффузии, при обмене внутренней энергией (теплопроводность). Система уравнений (1)–(2) замыкаются соотношениями баротропности и являются гиперболическими. Соответственно допускают разрывные решения.

В частности, на границе поле скоростей разрывно и не локальное граничное условие задается нелинейной функцией обмена [2]. В этой работе из экспериментов получено значение радиуса не локальности для воды $R_0 \approx 39$ мк и скорости $v_0 \approx 1.06$ мм/сек для учета не линейности граничных условий.

Список литературы

1. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред. – М.: Наука, Физматлит, 1978.
2. Айдагулов Р.Р., Ганиев О.Р. Эффекты не локальной гидромеханики при течении в тонких каналах // Доклады РАН. – 2017. – Т. 473, № 5.

УДК 531.38; 531.39

О ТРЕХ ИНВАРИАНТНЫХ СООТНОШЕНИЯХ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА В ПОТЕНЦИАЛЬНОМ ПОЛЕ СИЛ

Горр Г.В., д-р физ.-мат. наук, проф.

ГУ «Институт прикладной математики и механики», г. Донецк
gvgorr@gmail.com

Введение. Задача о движении твердого тела, имеющего неподвижную точку, в потенциальном поле сил является обобщением классической задачи о движении тела под действием тяжести [1, 2]. Согласно теории Якоби, для интегрирования уравнений движения в квадратурах необходимо найти дополнительный первый интеграл. Так же, как и в классической задаче, в рассматриваемой задаче не получен такой интеграл. Поэтому основное внимание ученых сосредоточено на получении частных решений уравнений движения [2, 3], которые позволяют не только получить кинематическое истолкование движения тела, но и исследовать локально свойства интегрального многообразия.

Актуальность исследования инвариантных соотношений уравнений движения тела в потенциальном поле сил состоит в том, что на основе заданных инвариантных соотношений (ИС) можно построить силовую функцию и исследовать условия существования данных ИС. Важным свойством такого подхода является возможность интегрирования уравнений Пуассона в квадратурах. Рассмотрение указанных ИС должно отвечать и корректности обратных задач динамики твердого тела. В докладе для достижения данной цели задаются три ИС относительно компонент угловой скорости тела и решается задача изучения компонент единичного вектора оси симметрии силового поля.

Для исследования условий существования трех ИС используется метод инвариантных соотношений, указанный А. Пуанкаре, Л. Леви-Чивитой и П.В. Харламовым (теория и результаты метода ИС изложены в [3]).

Результат. Три ИС характеризуются следующими свойствами: первая компонента угловой скорости линейна по первой компоненте единичного вектора вертикали и нелинейна по третьей компоненте этого вектора; вторая компонента вектора угловой скорости линейна по второй компоненте вектора вертикали и нелинейна по третьей компоненте этого вектора; третья компонента вектора вертикали нелинейно зависит только от третьей компоненты вектора вертикали. На основании заданных трех ИС найдена силовая функция, которая подставлена в три динамических уравнения движения. Первый этап интегрирования полученных уравнений и уравнений Пуассона состоял в отдельном интегрировании уравнений Пуассона. Так как уравнения Пуассона допускают два первых интеграла, то решение этих уравнений получено в квадратурах.

Исследование решений динамических уравнений является вторым этапом изучения условий существования ИС. В результате такого подхода найдено одно дифференциальное уравнение на две функции от третьей компоненты. Установлены новые решения этого уравнения, которые характеризуются полиномиальной структурой от третьей компоненты единичного вектора вертикали. Большой интерес представляют условия на главные моменты инерции тела, так как они обобщают классические условия С.В. Ковалевской и Д.Н. Горячева–С.А. Чаплыгина при фиксированном значении показателя степени характерного многочлена и являются новыми при произвольном значении этого показателя. Для каждого из решений изучена зависимость третьей компоненты от времени.

Список литературы

1. Борисов А.В., Мамаев И.С. Динамика твердого тела. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 384 с.
2. Гашененко И.Н., Горр Г.В., Ковалев А.М. Классические задачи динамики твердого тела. – Киев: Наук. думка, 2012. – 401 с.
3. Горр Г.В.. Инвариантные соотношения уравнений динамики твердого тела (теория, результаты, комментарии). – М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2017. – 424 с.

О ПОЛИНОМИАЛЬНОМ РЕШЕНИИ С КВАДРАТИЧНЫМИ ИНВАРИАНТНЫМИ СООТНОШЕНИЯМИ ЗАДАЧИ О ДВИЖЕНИИ ГИРОСТАТА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА БАРНЕТТА-ЛОНДОНА

Зыза А.В., канд. физ.-мат. наук, доцент.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

z9125494@mail.ru

Введение. Движение многих объектов недеформируемых конструкций современной техники (гироскопических систем, машин и механизмов, транспортных средств, земных и космических кораблей, устройств, имитирующих живые организмы, и других систем) моделируется как движение системы твердых тел типа гиростата в различных силовых полях.

Математическая сложность модели и практическая важность разработок в этой области определяет ряд научных направлений, в которых изучается классическая задача о движении твердого тела и ее различные обобщения. Например, задача о движении гиростата в магнитном поле с учетом эффекта Барнетта- Лондона [1].

Изучение такого движения имеет важное значение при определении предельной точности навигационных систем, использующих неконтактный подвес.

Задачу о движении гиростата в магнитном поле с учетом эффекта Барнетта-Лондона можно охарактеризовать системой шести дифференциальных уравнений, которая содержит 20 параметров и допускает только два первых интеграла [1]. Задача Коши для этих дифференциальных уравнений имеет решение, но получить конструктивное решение для всего множества параметров невозможно, так как при произвольных значениях параметров уравнения такого движения неинтегрируемы в квадратурах [2].

Поэтому изучение свойств движения гиростата с неподвижной точкой может быть основано либо на построении частных решений [3], либо на численном интегрировании с помощью компьютерных средств [4].

Актуальность построения частных решений уравнений динамики гиростата связана с тем, что благодаря применению теоремы Пуансо к исследованию движения тела, появилась возможность классификации движений твердого тела единым методом. С математической точки зрения важность построения частных решений состоит в том, что появилась перспектива исследования окрестности этих решений. При помощи теории возмущений обыкновенных дифференциальных уравнений и первого метода Ляпунова, можно изучить свойства интегральных многообразий

уравнений динамики гиростата, в частности, обнаружить либо хаотический, либо регулярный характер поведения интегральных траекторий.

Цель исследования – изучение условий существования полиномиального решения с квадратичными инвариантными соотношениями рассматриваемой задачи и построение указанного решения в замкнутом виде. Для исследования использовались: **метод:** инвариантных соотношений, полуобратный метод, метод редукции к меньшему числу уравнений.

Результат. Построено новое частное решение полиномиальной структуры задачи о движении гиростата в магнитном поле с учетом эффекта Барнетта-Лондона. Это решение характеризуется свойством: первая, вторая компоненты угловой скорости гиростата и квадрат третьей компоненты являются квадратичными функциями от вспомогательной переменной. Полученное решение зависит от пяти независимых параметров и описывается элементарными функциями времени.

В заключении стоит отметить, что доклад продолжает исследования решений, характеризующихся полиномиальной структурой компонент вектора угловой скорости от вспомогательной переменной в задачи о движении гиростата в магнитном поле с учетом эффекта Барнетта-Лондона.

Список литературы

1. Горр Г.В., Мазнев А.В. Динамика гиростата, имеющего неподвижную точку. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2010. – 364с.
2. Борисов А.В., Мамаев И.С. Динамика твердого тела. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 384с.
3. KleinF., SommerfeldA. Über die Theorie des Kreisels. – New York: Johnson reprint corp., 1965. – 996 s.
4. Хараланов П.В. Современное состояние и перспективы развития классических задач динамики твердого тела // Механика твердого тела. – 2000. – Вып. 30. – С. 1-13.

УДК 531.36, 517.925

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ К ПОСТРОЕНИЮ КОНСТРУКТИВНОЙ ТЕОРИИ УСТОЙЧИВОСТИ

Ковалев А.М., д-р физ.-мат. наук, проф., академик,

Неспирный В.Н., канд. физ.-мат. наук

ГУ «Институт прикладной математики и механики», г. Донецк

kovalev@iamm.su

Введение. Рассматривается задача об устойчивости системы обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\dot{x} = f(x, t), x \in X, t \in I, \quad (1)$$

где $X \subset \mathbb{R}^n$ – область, содержащая окрестность начала координат, $I = [t_0, +\infty)$ – полубесконечный интервал времени, $f(x, t)$ предполагается определенной на множестве $X \times I$ и непрерывно дифференцируемой на нем достаточное число раз. Кроме того, при любом $t \in I$ считаем выполненным $f(0, t) = 0$, что обеспечивает существование нулевого положения равновесия системы (1).

Теория устойчивости систем обыкновенных дифференциальных уравнений в ее современном виде возникла в 1892 году в связи с работой А.М. Ляпунова [1], в которой была сформулирована задача об устойчивости положения равновесия механической системы или некоторого режима ее движения. Там же был предложен ряд методов исследования устойчивости, из которых наибольшую популярность и развитие получил второй метод Ляпунова, основанный на изучении свойств некоторых функций, подбираемых исследователем для заданной системы, и их производных в силу этой системы.

К сожалению, до сих пор не существует четко определенных алгоритмов построения функции Ляпунова для системы общего вида. Поэтому в каждом конкретном случае выбор функции Ляпунова осуществляется исследователем, исходя из общих соображений и собственного опыта. При этом, для случая устойчивости и асимптотической устойчивости есть обратные теоремы [2–5], доказывающие существование функции Ляпунова при достаточно общих предположениях на правые части системы. Их доказательство хоть и весьма громоздко, но вполне конструктивно. Однако применить метод построения функции Ляпунова, предложенный в этих теоремах, невозможно без знания общего решения исследуемой системы. Кроме того, для применения процедуры построения следует заранее предполагать наличие свойства устойчивости или асимптотической устойчивости.

Большое значение для развития методов исследования асимптотической устойчивости имела теорема Барбашина-Красовского [6], в которой для автономной (или периодической по времени) системы требование знакоопределенности производной функции Ляпунова в силу системы было ослаблено до знакопостоянства при условии, что множество обращения в нуль производной не содержит целых полутраекторий. Построение такой функции со знакопостоянной производной для ряда важных приложений (в частности, для замкнутых механических систем) оказалось гораздо проще.

Актуальность. Несмотря на то, что функции со знакопостоянной производной могут быть построены в отдельных случаях, задача нахождения функций Ляпунова для заданной системы остается актуальной, поскольку они могут давать важную информацию об исходной системе. В частности, с их помощью строятся оценки скорости сходимости

решений в окрестности положения равновесия к нулевому решению. Кроме того, остается важным вопрос, какие вспомогательные функции должны быть построены, когда заранее неизвестно какими свойствами обладают решения в окрестности нулевого положения равновесия. Конструктивная теория устойчивости призвана дать ответ на этот вопрос и указать способ построения функций, по которым будет установлен характер поведения различных траекторий в окрестности нуля, каким бы он ни был.

Целью настоящего исследования является построение метода для исследования устойчивости автономных и неавтономных динамических систем с помощью дополнительных функций, выделение устойчивых и неустойчивых переменных.

Результат. Существенным вкладом в конструктивный подход к исследованию устойчивости стало появление метода дополнительных функций [7, 8]. Отправной точкой в данном методе является функция со знакопостоянной производной (без ограничения на знак самой функции). Возможность построения такой функции для произвольной системы была показана в работах [9–12].

Пусть построена такая знакопостоянная функция $V(x, t)$, производная которой в силу системы (1) $D_f V(x, t)$ обращается в нуль на множестве $M = \{(x, t) \mid \varphi(x, t) = 0\}$.

Воспользуемся методом инвариантных соотношений [14, 15] для выделения из множества M инвариантного соотношения M^* . Для этого построим цепочку производных $\varphi, D_f \varphi, D_f^2 \varphi, \dots, D_f^l \varphi, \dots$. Определим максимальное количество l функционально независимых членов в этой последовательности. Тогда в соответствии с методом инвариантных соотношений M^* будет определяться системой соотношений $\varphi = 0, D_f \varphi = 0, D_f^2 \varphi = 0, \dots, D_f^l \varphi = 0$.

Тогда могут быть построены дополнительные функции первого рода

$$V_a = \langle \Delta \varphi, f \rangle^{2m} \langle \langle \Delta \varphi, f \rangle, \varphi \rangle \quad (2)$$

или функции второго рода

$$V_{ai} = \langle \Delta \varphi_i, f \rangle^{2m} \langle \langle \Delta \varphi, f \rangle, \varphi_i \rangle \prod_{j=1, j \neq i}^s \varphi_j^2 \quad (3)$$

в случае, когда множество M состоит из нескольких многообразий $M_1, M_2, \dots, M_s$.

С помощью добавления этих функций с определенными показателями и коэффициентами к исходной функции V строится новая функция, производная которой может обращаться в нуль только уже на инвариантном многообразии.

Очевидно, что на инвариантном множестве (где производная функции V будет обращаться в нуль) может быть обеспечена только неасимптотическая устойчивость.

В автономном случае траектории с начальными условиями в множестве, где знак функции V будет отличаться от знака ее производной

в силу системы (1), будут асимптотически приближаться к началу координат. На множестве же, где знак функции V совпадает со знаком ее производной, траектории с течением времени будут уходить из окрестности нулевого положения равновесия.

Теорема. Пусть для автономной системы (1) ($f(x,t) = f(x)$) существует знакоопределенная функция $V(x)$, производная которой в силу системы (1) знакопостоянная и ее знак противоположен знаку функции $V(x)$. Множество $M = \{x: \dot{V}(x) = 0\}$ представляется в виде объединения:

$$M = \bigcup_{\substack{i=1, \\ j=1}}^{s, s_i} M_{ij}; \quad M_{ij} \cap M_{kl} = \emptyset$$

$$M_{ij} = \{x: \varphi_i(x) = 0, \dot{\varphi}_i(x) = 0, \dots, \varphi_i^{(k_j-1)}(x) = 0, \varphi_i^{(k_j)}(x) \neq 0\}.$$

Предполагаем, что $V(x)$, $\varphi_i(x)$ – функции, дифференцируемые достаточное число раз, знакоопределенность функции $V(x)$ определяется формой конечного порядка, знакопостоянство $\dot{V}(x)$ и неравенства $\varphi_i^{(k_j)}(x) \neq 0$ определяются членами разложения в окрестности нуля конечного порядка. Тогда существуют числа m_{ij} , α_{ij} такие, что функция

$$V_f(x) = V(x) + \sum_{i,j=1}^{s, s_i} \alpha_{ij} V_{aij}(x)$$

будет знакоопределенной, а ее производная $\dot{V}_f(x)$ будет y -знакоопределенной, имея знак, противоположный знаку функции $V(x)$, и нулевое решение системы (1) будет устойчиво по всем переменным и асимптотически y -устойчиво. Функции $V_{aij}(x)$ определяются формулой (3), $y = (y_1, y_2, \dots, y_k)^T$, $y_i = \varphi_{pi}(x)$ – независимые функции, с помощью которых описываются инвариантные многообразия, содержащиеся в множествах M_{ij} .

В случае, когда система оказывается неавтономной, для получения содержательного результата необходимо накладывать дополнительные ограничения на функцию и производную, позволяющие сделать оценку их величины, не зависящей от времени.

Теорема. Пусть $V(x, t)$ – положительно определенная функция (равномерно ограниченная снизу автономной положительно определенной функцией $a(|x|)$), а ее производная $\dot{V}(x, t)$ в силу системы (1) – функция отрицательно постоянная и обращается в нуль на множестве $M = \{(x, t) : \varphi(x, t) = 0\}$, функции V , f и φ являются гладкими (имеют непрерывные производные порядка сколь угодно большого порядка) и градиент φ отличен от нуля. Тогда, если производная каждой дополнительной функции V_{aj} допускает оценку снизу автономной положительно определенной относительно множества $X \setminus N_j$ функцией c_j , то нулевое решение является асимптотически устойчивым по части переменных $y = \varphi_i(x, t)$.

Заключение. Для систем обыкновенных дифференциальных уравнений предложен метод исследования устойчивости нулевого решения с помощью дополнительных функций. Этот метод используется для корректировки функции со знакопостоянной производной, которая может быть построена для весьма широкого класса неавтономных систем, за счет добавления дополнительных функций. Предложены способы построения дополнительных функций для случая, когда инвариантное множество, генерируемое производной функции Ляпунова, имеет сложную геометрическую структуру и является объединением нескольких подмножеств, а также для случая, когда указанное инвариантное множество определяется более чем двумя первыми членами цепочки производных от инвариантного соотношения. В автономном случае вопрос полностью решается, и данный метод позволяет полностью исследовать систему, выделяя устойчивые, асимптотически устойчивые и неустойчивые переменные. В неавтономном случае получены дополнительные условия, которые позволяют гарантировать асимптотическую или неасимптотическую устойчивость.

Список литературы

1. Ляпунов А.М. Общая задача об устойчивости движения. – М., Л.: Гостехиздат, 1950. – 472 с.
2. Персидский К.П. Об устойчивости движения в первом приближении // Мат. сборник. – 1933. – Т. 40. – С. 284-293.
3. Курцвейль Я.К. обращению первой теоремы Ляпунова об устойчивости движения // Czechoslovak Math. J. – 1955. – № 5. – С. 382-398.
4. Massera J.L. On Liapounoff's conditions of stability // Ann. of Math. – 1949. – Vol. 50. – P. 705-521.
5. Massera J.L. Contributions on stability theory // Ann. of Math. – 1956. – Vol. 64. – P. 182-206.
6. Барбашин Е.А., Красовский Н.Н. Об устойчивости движения в целом // Докл. АН СССР. – 1952. – Т. 86, № 3. – С. 453-456.
7. Ковалев А.М. Построение функции Ляпунова со знакоопределенной производной для систем, удовлетворяющих теореме Барбашина—Красовского // Прикл. математика и механика. – 2008. – Т. 72, вып. 2. – С. 266-272.
8. Ковалев А.М., Суйков А.С. Функции Ляпунова для систем, удовлетворяющих условиям теоремы Барбашина-Красовского // Докл. НАН Украины. – 2008. – № 12. – С. 22-27.
9. Красовский Н.Н. Некоторые задачи теории устойчивости движения. – М.: Физматлит, 1959. – 211 с.
10. Ковалев А.М., Неспирный В.Н., Суйков А.С. Существование функции со знакопостоянной производной для неавтономных систем дифференциальных уравнений // Механика твердого тела. – 2011. – Вып. 41. – С. 3–10.
11. Ковалев А.М., Неспирный В.Н., Суйков А.С. Существование функции со знакопостоянной производной для автономных систем дифференциальных уравнений // Докл. НАН Украины. – 2012. – № 9. – С. 13-18.
12. Ковалев А.М., Неспирный В.Н. Существование и построение функции со знакопостоянной производной для динамических систем // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 2013. – № 6. – С. 5-15.

13. Ковалев А.М. Решение задач устойчивости для нелинейных систем с известной функцией со знакопостоянной производной // Механика твердого тела. – 2009. – Вып. 39. – С. 3-28.
14. Харламов П.В. Об инвариантных соотношениях системы дифференциальных уравнений // Механика твердого тела. – 1974. – Вып. 6. – С. 15-24.
15. Ковалев А.М., Горр Г.В., Неспирный В.Н. Инвариантные соотношения неавтономных систем дифференциальных уравнений с приложением в механике // Механика твердого тела. – 2013. – Вып. 43. – С. 3-19.
16. Ковалев А.М., Неспирный В.Н. Метод дополнительных функций в теории устойчивости неавтономных систем дифференциальных уравнений // Докл. НАН Украины. – 2014. – № 8. – С. 20-27.

УДК 521.1:531

ЗАДАЧА ТРЕХ ТЕЛ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ НА ЛУНУ И СОЛНЦЕ В ЗАДАННОЙ ТОЧКЕ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

Ковалев А.М., д-р физ.-мат. наук, проф., акад. НАНУ,

Судаков С.Н., д-р физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.

ГУ «Институт прикладной математики и механики», г. Донецк

sudakov@iamm.su

Введение. Задаче трех тел и движению системы Земля–Луна–Солнце посвящена обширная литература, например, [1, 2]. Эта задача имеет важное научное значение и находит широкие приложения в такой важной современной области техники, как космонавтика. Во многих случаях задача трех тел решается либо в инерциальной, либо в невращающейся системе координат, начало которой совпадает с каким-либо из трех тел, рассматриваемых как точечные массы. В предлагаемой работе уравнения задачи трех тел записываются в невращающейся системе координат, начало которой находится в центре масс Земли. Уравнения движения решаются численным методом Рунге-Кутты. Такой подход позволяет решить задачу трех тел и тем самым описать движение Луны и Солнца относительно Земли на сравнительно коротком интервале времени (месяцы, годы, десятилетия). Однако он не дает ясного представления наблюдателю, находящемуся в заданной точке поверхности Земли, где именно будут находиться Луна и Солнце в определенный момент времени и какую траекторию они будут описывать по отношению к наблюдателю. Для решения этого вопроса в работе строятся преобразования, позволяющие представить результаты решения в системе координат, начало которой совпадает с положением наблюдателя.

Актуальность (социальная значимость). Полученные результаты являются связывающим звеном между теоретическими исследованиями и

результатами наблюдательной астрономии и могут быть использованы при проведении исследований в области небесной механики, механики космического полета и в астрономических наблюдениях за движением Луны, Солнца и планет солнечной системы.

Целью настоящего исследования является наглядная геометрическая интерпретация результатов исследований по небесной механике и механике космического полета.

Результат. Уравнения движения задачи трех тел (Земля, Луна, Солнце) записаны в невращающейся системе координат, начало которой находится в центре масс Земли. Для решения уравнений движения использован численный метод Рунге-Кутты. Даны формулы перехода к системе координат, связанной с заданной точкой поверхности Земли.

В **заключении** стоит отметить, что полученные результаты могут быть использованы в теоретических исследованиях по небесной механике, механике космического полета и сравнении результатов теоретических расчетов с наблюдениями.

Список литературы

1. Пуанкаре А. Новые методы небесной механики. – Избранные труды (в трех томах). – Том 1. – М.: Наука, 1971. – 772 с., Том 2. – М.: Наука, 1972. – С. 10-356.
2. Смарт У. Небесная механика. – М.: Мир, 1965. – 504 с.

УДК 531.36, 531.38

УСЛОВИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СТАЦИОНАРНЫХ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЙ МНОГОТОКОВОЙ МОДЕЛИ СИНХРОННОГО ГИРОСКОПА В КАРДАНОВОМ ПОДВЕСЕ

Коносевиц Б.И., доктор физ.-мат. наук,

Коносевиц Ю.Б., кандидат физ.-мат. наук,

Мозалевская Г.В., кандидат физ.-мат. наук

ГУ «Институт прикладной математики и механики», г. Донецк

konos@iamm.su

Введение. Гироскоп в кардановом подвесе является основным чувствительным элементом многих приборов, используемых в системах навигации и ориентации движущихся объектов. Он обладает рядом замечательных динамических свойств, что делает его одним из наиболее интересных объектов для исследований в области динамики систем многих тел.

В большинстве работ по теории гироскопа в кардановом подвесе предполагается, что трение на осях подвеса и на валу гироскопа (ротора) отсутствует. На практике быстро вращающийся ротор испытывает значительное тормозящее воздействие момента сил трения, и для

поддержания его вращения прибор снабжают синхронным или асинхронным электромотором, ротором которого является ротор прибора, а статором – наружная “рамка” карданова подвеса. Обычно в работах, посвященных исследованию динамики гироскопа в кардановом подвесе, пользуются упрощенной моделью электромотора, сводящейся к физически мотивированному явному выражению для его вращающего момента.

В данной работе принята предложенная авторами новая модель гироскопа в кардановом подвесе, который установлен на неподвижном основании в поле силы тяжести, имеет вертикальную наружную ось подвеса и снабжен синхронным электромотором. Эта модель вместо обычно используемого упрощенного выражения для вращающего момента электромотора включает предложенные в [1] дифференциальные уравнения, описывающие работу синхронного электромотора и содержащие в качестве фазовых переменных электрический ток в обмотке возбуждения, а также любое число электрических токов в демпферной обмотке ротора. Момент сил трения относительно оси ротора предполагается нелинейной функцией угловой скорости его вращения.

Целью работы является исследование вопроса об устойчивости по Ляпунову стационарных решений системы дифференциальных уравнений, описывающей многотоковую модель гироскопа в кардановом подвесе, снабженного синхронным электромотором.

Постановка задачи. Состояние рассматриваемой электро-механической системы в каждый момент времени t определяется фазовым вектором $\dot{\alpha}, \dot{\beta}, \dot{\varphi}, \beta, \varphi, i_0, i_1, \dots, i_{n_2}$. Здесь α, β – углы поворота наружной и внутренней “рамок” карданова подвеса, i_0 – ток в обмотке возбуждения на роторе, i_n ($n = 1, \dots, n_2$) – токи в стержнях демпферной обмотки.

Вследствие вертикальности наружной оси подвеса система уравнений движения прибора имеет интеграл, выражающий постоянство проекции p его кинетического момента на вертикаль. Для описания динамики прибора удобно пользоваться системой обыкновенных дифференциальных уравнений, в которой вместо $\dot{\alpha}$ в качестве переменной используется величина p , вместо тока i_0 используется соответствующее возмущение x , а вместо угла φ используется угол $\gamma = \varphi - \omega t$, где $\omega > 0$ – постоянная угловая скорость вращения магнитного поля в статоре. Она названа *преобразованной* системой.

Стационарные решения преобразованной системы имеют вид

$$p = p^0, \dot{\beta} = 0, \dot{\gamma} = 0, \beta = \beta^0, x = 0, i_1 = 0, \dots, i_{n_2} = 0.$$

Они описывают равномерные вращения и регулярные прецессии ротора. Здесь при каждом значении p^0 значения β^0 определяются условием $\partial U_*(p^0, \beta) / \partial \beta = 0$, где $U_*(p, \beta)$ – механическая приведенная

потенциальная энергия. Значения γ^0 определяются тригонометрическим уравнением $b_0 \sin \gamma + c_0 = 0$, в котором $b_0, c_0 > 0$ – электротехнические параметры, причем $c_0/b_0 < 1$. Это уравнение можно записать в виде $dU_1(\gamma)/d\gamma = 0$, где функция $U_1(\gamma) = b_0(1 - \cos \gamma) + c_0\gamma$ – *потенциальная энергия, связанная с синхронным электромотором.*

Если выделено некоторое стационарное решение преобразованной системы, соответствующее определенным значениям p^0, β^0, γ^0 , то для функции $U_*(p^0, \beta)$ существуют четыре возможности: функция $U_*(p^0, \beta)$ переменной β в точке $\beta = \beta^0$ имеет А) изолированный минимум, В) изолированный максимум, С) перегиб, D) $U_*(p^0, \beta) \equiv \text{const}$. При этом для функции $U_1(\gamma)$ существуют две возможности: функция $U_1(\gamma)$ в точке $\gamma = \gamma^0$ имеет а) изолированный минимум, б) изолированный максимум. Комбинируя эти возможности, получаем 8 типов стационарных решений преобразованной системы, которые обозначаем следующим образом: Аа, Ва, Са, Да, Аб, Вб, Сб, Дб.

Результат. В работе доказана устойчивость стационарных решений типа Аа и неустойчивость стационарных решений типов Аб, Ва, Са, Вб, Сб. Тем самым на случай многотоковой модели синхронного гироскопа в кардановом подвесе распространен результат [2], полученный для его упрощенной бестоковой модели. Метод доказательства устойчивости основан на теореме Л. Сальвадори, а для доказательства неустойчивости используется теорема Барбашина-Красовского.

Чтобы получить полную аналогию с [2], осталось доказать неустойчивость стационарных решений в случае D постоянства механической приведенной потенциальной энергии. Тогда будет установлено, что наличие изолированного минимума полной приведенной потенциальной энергии $U_*(p^0, \beta) + U_1(\gamma)$ является необходимым и достаточным условием устойчивости любого решения рассматриваемой системы. Прежде, чем перейти к рассмотрению случая D, установлены условия на параметры прибора, при которых он имеет место, и доказано, что действительно существуют значения параметров, при которых этот случай реализуется при определенном значении постоянной p .

Список литературы

1. Леонов Г.А., Зарецкий А.М. Глобальная устойчивость и колебания динамических систем, описывающих синхронные электрические машины // Вестник СПбГУ. Сер. 1. – 2012. – Вып. 4. – С. 18-27.
2. Коносевиц Б.И., Коносевиц Ю.Б. Об устойчивости стационарных движений гироскопа в кардановом подвесе, снабженного электродвигателем // Изв. РАН. МТТ. – 2013. – № 3. – С. 57-73.

ТРИ ИНВАРИАНТНЫХ СООТНОШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ Д. ГРИОЛИ

Мазнев А.В.¹, д-р физ.-мат. наук, доцент,

Белоконь Т.В.², старший преподаватель,

¹ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", г. Донецк

²ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет экономики и торговли

имени Михаила Туган-Барановского", г. Донецк

aleksandr_maznev@rambler.ru, B.Tatyana13@mail.ru

Введение. Математическое моделирование движения твердого тела с неподвижной точкой проводилось в несколько этапов. В работах Л. Эйлера, Ж. Даламбера получены основные дифференциальные уравнения движения твердого тела под действием силы тяжести. Характерными свойствами этих уравнений являлись нелинейность правых частей и наличие трех первых интегралов. Последнее обстоятельство было использовано в теории К. Якоби, который показал, что для сведения задачи интегрирования уравнений движения в квадратурах достаточно найти дополнительный первый интеграл. В качестве второго этапа можно отметить обобщения классической задачи о движении тяжелого твердого тела. На этом этапе рассматривались: задача о движении твердого тела в жидкости (Г. Кирхгоф, А. Клебш, В.А. Стеклов, А.М. Ляпунов и другие), задача о движении тела с полостями заполненными жидкостью (А. Пуанкаре, С.В. Жак, Н.Н. Моисеев, В.В. Румянцев и другие), задача о движении тела под действием потенциальных и гироскопических сил (Д.Н. Горячев, Д. Гриоли, Х. Яхья, Г.В. Горр и другие), а также задачи о движении системы связанных твердых тел (Й. Виттенбург, П.В. Харламов, Л. Лилов и другие). Во всех указанных задачах были найдены дополнительные первые интегралы (см. обзоры [1, 2]). Наиболее общие уравнения движения тела с неподвижной точкой, которые допускают три первых интеграла, были получены Д. Гриоли [3].

Актуальность. Для дифференциальных уравнений Кирхгофа-Пуассона, которые описывают задачу о движении тела в жидкости и задачу о движении тела под действием потенциальных и гироскопических сил, В.В. Козлов и Д.А. Онищенко [4] доказали неинтегрируемость уравнений движения в квадратурах. В этой связи актуальным направлением исследования свойств движения тела с неподвижной точкой является направление, которое основано на построении частных решений уравнений динамики. Универсальным методом построения новых частных решений уравнений динамики служит метод инвариантных соотношений (ИС). В монографии Г.В. Горра [5] не только приведены определения ИС, данные А. Пуанкаре, Т. Леви-Чивитой, П.В. Харламовым, но и исследованы особенности в применении метода ИС. В частности им

показано, что метод ИС существенно зависит от постановки задачи исследования ИС. Если решается прямая задача механики нахождения решения с заданными ИС, то достаточно применить либо метод А. Пуанкаре-Т. Леви-Чивиты, либо метод П.В. Харламова[6]. Условия существования ИС в этом случае находятся на основании изучения производных от ИС в силу исходных уравнений. Если решается обратная задача механики, то вначале необходимо найти характерные функции, входящие в правые части дифференциальных уравнений, а затем применить метод ИС Т. Леви-Чивиты. Последний подход использован в данном докладе: были определены функции, характеризующие соответственно потенциальные и гироскопические силы, а также рассмотрены производные от заданных ИС.

Результат. В докладе, следуя статье [7], заданы три нелинейных ИС. Выбор вида ИС обусловлен тем, что уравнения Пуассона допускают два первых интеграла. Это позволило получить решение этих уравнений в квадратурах. Для интегрирования динамических уравнений Д. Гриоли применяется обратная задача механики, согласно которой потенциальная и гироскопическая функции находятся с помощью соотношений, входящих в первые интегралы при заданных ИС.

Как показано в монографии [5], заданные ИС при найденных значениях указанных функций, являются решениями динамических уравнений только в случае, когда дивергенция момента количества движения равна нулю. На основании этого условия определена связь между двумя функциями, которые содержат заданные ИС. Это условие и является условием существования ИС уравнений Д. Гриоли.

Для интегрирования уравнений Пуассона в докладе учтено полученное выше условие и указан пример решения данных уравнений, полученных в квадратурах. Это решение описывает прецессионное движение твердого тела с неподвижной точкой.

Дальнейшие исследования в докладе посвящены изучению случая, когда наряду с заданными ИС имеет место ИС, характеризующее постоянство модуля момента количества движения. Получены дифференциальные уравнения на две произвольные функции от компонент единичного вектора вертикали. Доказано существование решения данной задачи для динамически симметричных твердых тел.

Список литературы

1. Харламов П. В. Современное состояние и перспективы развития классических задач динамики твердого тела / П. В. Харламов // Механика твердого тела. – 2000. – Вып. 30. – С. 1–12
2. Горп Г. В. Движение гиростата / Г. В. Горп, А. М. Ковалев. – К. Наук. думка, 2013. – 407 с.
3. Grioli G. Questioni di dinamica del corpo rigido / G. Grioli // Atti. Accad. Naz. Lincei, Rend. Cl. Sci. Fis., Mat. e Natur. – 1963. – 35, f. 1–2. – P. 35–39.

4. Козлов В. В. Неинтегрируемость уравнений Кирхгофа / В. В. Козлов, Д. А. Онищенко // Докл. АН СССР. – 1982. – 266, № 6. – С. 1298–1300.
5. Горр Г. В. Инвариантные соотношения уравнений динамики твердого тела (теория, результаты, комментарии) / Г. В. Горр // М.–Ижевск: Институт прикладной математики и механики, 2017. – 424 с.
6. Харламов П. В. Об инвариантных соотношениях системы дифференциальных уравнений / П. В. Харламов // Механика твердого тела. – 1974. – Вып. 6. – С. 15–24.
7. Горр Г. В. О решениях уравнений движения твердого тела в потенциальном силовом поле в случае постоянного модуля кинетического момента / Г. В. Горр, А. В. Мазнев // Механика твердого тела. – 2017. – Вып. 47. – С. 14–24

УДК 615.849.19

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ СУЩЕСТВОВАНИЯ ПОЛИНОМИАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЙ ЗАДАЧИ О ДВИЖЕНИИ ГИРОСТАТА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА БАРНЕТТА-ЛОНДОНА

Платонова Е. С.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

elenasergeevna9@mail.ru

Введение. В данной статье исследуется один случай полиномиальных решений класса Горячева-Стеклова-Ковалевского уравнений задачи о движении гиростата в магнитном поле с учетом эффекта Барнетта-Лондона. Условия существования решения этого класса получены в виде системы алгебраических уравнений на параметры задачи и коэффициенты решения. Построено одно новое частное решение уравнения движения гиростата, которое зависит от пяти независимых параметров.

Актуальность (социальная значимость). Движение многих объектов недеформируемых конструкций современной техники (гироскопических систем, машин и механизмов, транспортных средств, земных и космических кораблей, устройств, имитирующих живые организмы, и других систем) моделируется как движение системы твердых тел типа гиростата в различных силовых полях.

В динамике твердого тела большой интерес представляет построение частных решений, в частности полиномиальных.

Ее актуальность связана с тем, что частные решения позволяют с помощью метода годографов изучить движение тела при ограничениях на параметры, характеризующие начальные условия движения тела. Кроме того, они позволяют изучить свойства интегральных многообразий уравнений движения в окрестности данных частных решений и, в

частности, обнаружить либо хаотический, либо регулярный характер в поведении интегральных траекторий.

Целью исследуемой работы является определение условий существования полиномиальных решений класса Стеклова-Ковалевского-Горячева задачи о движении гиростата в магнитном поле с учетом эффекта Барнетта-Лондона и построение новых частных решений дифференциальных уравнений движения.

Методы исследования. Метод инвариантных соотношений построения решений и другие методы теории обыкновенных дифференциальных уравнений.

Научная новизна полученных результатов. Построено одно новое частное решение дифференциальных уравнений движения, которое выражено через эллиптические функции времени.

Список литературы

1. Горр Г.В. Классические задачи динамики твердого тела. Развитие и современное состояние / Г.В. Горр, Л.В. Кудряшова, Л.А. Степанова // Киев: Наук. думка, 1978. – 296 с.
2. Горр Г.В. Полиномиальные решения в одной задаче о движении гиростата с неподвижной точкой / Г.В. Горр, А.В. Зыза // Изв. РАН. Механика твердого тела. – 1998. – № 6. – С. 12-21
3. Горр Г.В. Динамика гиростата, имеющего неподвижную точку / Г.В. Горр, А.В. Мазнев. – Донецк: ДонНУ, 2010. – 364 с.
4. Зыза А.В. О полиномиальных решениях уравнений движения гиростата в магнитном поле / А.В. Зыза // Механика твердого тела. – 2003. – Вып. 33. – С. 61-70.
5. Козлов В.В. К задаче о вращении твердого тела в магнитном поле / В.В. Козлов // Изв. РАН. Механика твердого тела. – 1985. – № 6. – С. 28-33.

УДК 531.38; 531.39

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД В ИСТОЛКОВАНИИ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА В РЕШЕНИИ Д.Н. ГОРЯЧЕВА – С.А. ЧАПЛЫГИНА

Ткаченко Д.Н., мл. науч. сотр.

Институт прикладной математики и механики, г. Донецк

dntkachenko@mail.ru

Введение. При кинематическом истолковании твердого тела с неподвижной точкой методом Пуансо особую роль играют уравнения П.В. Харламова [1], описывающие неподвижный годограф вектора угловой скорости. Анализ результатов по применению такого подхода изложен в [2, 3]. К настоящему времени практически во всех решениях уравнений Эйлера–Пуассона и уравнений движения гиростата получена исчерпывающая картина движения тела и гиростата методом Пуансо.

Модифицированный метод в истолковании движения тела предложил Г.В. Горр [4]. Суть этого метода состоит в том, что вместо годографов угловой скорости используются годографы вектора, коллинеарного вектору угловой скорости. Данное обстоятельство дает возможность в качестве характерного вектора выбрать вектор, который либо в подвижном пространстве, либо в неподвижном пространстве описывает плоские кривые. На основании модифицированного метода Пуансо было показано, что в решениях В.А. Стеклова и А.И. Докшевича движение тела можно получить качением без скольжения двух конических поверхностей, направляющими линиями которых являются эллипсы [4]. Данное истолкование имеет значительное преимущество перед традиционным истолкованием методом Пуансо, что определяет **актуальность** исследования решения Д.Н. Горячева – С.А. Чаплыгина.

Следует отметить, что в кинематическом истолковании наряду с методом Пуансо используются и другие методы. В работе [5] для анализа свойств движения тела предлагается комплексный подход, использующий метод Пуансо, модифицированный метод Пуансо, углы Эйлера, параметры Родрига–Гамильтона. Параметры Родрига–Гамильтона [6] находят широкое применение в механике [7].

Целью настоящего исследования является частный случай решения Д.Н. Горячева – С.А. Чаплыгина, рассмотренный в статье [8], в которой изучены подвижный и неподвижный годографы вектора угловой скорости и доказано, что движение гироскопа периодическое.

В качестве **метода** кинематического истолкования используется комплексный подход, предложенный в работе [5] и кинематическая формула из [4].

Результат. В данном докладе на основании формул [8] изучены параметры Родрига–Гамильтона, углы Эйлера (в частности, для вычисления угла прецессии использована формула из [4]) и исследованы свойства движения тела.

Заключение. В докладе использован комплексный подход в кинематическом истолковании движения тела с неподвижной точкой. Первый подход состоял в рассмотрении плоского неподвижного годографа характерного вектора. Второй подход заключался в истолковании движения эллипсоида инерции в неподвижном пространстве. Для этой цели изучены линии пересечения данного эллипсоида и подвижного аксоида угловой скорости. Для годографа, который является этой линией пересечения построим и неподвижный аксоид. Движение тела и эллипсоид инерции получаем качением без скольжения годографов вспомогательного вектора.

Список литературы

1. Харламов П.В. Кинематическое истолкование движения тела, имеющего неподвижную точку // Прикл. математика и механика. – 1964. – 28, вып. 3. – С. 502-507.

2. Гашененко И.Н., Горр Г.В., Ковалев А.М. Классические задачи динамики твердого тела. – Киев: Наук. Думка. – 2012. – 401 с.
3. Горр Г.В. Ковалев А.М. Движение гиростата. – Киев: Наук. Думка. – 2013. – 408 с.
4. Горр Г.В. Об одном подходе в применении теоремы Пуансо кинематического истолкования движения тела с неподвижной точкой // Механика твердого тела. – 2012. – Вып. 42. – С. 26-36.
5. Горр Г.В. Ковалев А.М. Применение параметров Родрига–Гамильтона при истолковании движения тела с неподвижной точкой // Прикл. математика и механика. – 2015. – Т. 79, вып. 5. – С. 635-643
6. Лурье А.И. Аналитическая механика. – М: Физматгиз. – 1961. – 824 с.
7. Кошляков В.Н. Параметры Родрига–Гамильтона и их приложения в механике твердого тела. – Киев: Институт математики НАН Украины. – 1994. – 176 с.
8. Горр Г.В., Левикая Т.Д. Об одном периодическом движении гироскопа Горячева–Чаплыгина // Механика твердого тела. – 1971. – Вып. 3. – С. 101-106.

УДК 531.38

ИССЛЕДОВАНИЕ РАВНОВЕСИЯ СИСТЕМ СВЯЗАННЫХ ТВЕРДЫХ ТЕЛ С УЧЕТОМ РАСТЯЖЕНИЯ

Щепин Н.Н., канд. физ.-мат. наук, доцент
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
shchepin_nick@mail.ru

Введение. Во многих задачах исследования механических объектов широкое использование получила конечномерная модель связанных упругими универсальными и телескопическими шарнирами твердых тел для нахождения различных параметров их равновесных состояний и колебаний. Так, использование системы твердых тел, связанных упругими шарнирами, оказалось весьма эффективным при изучении устойчивости малых колебаний балочных конструкций (систем с малым прогибом) [1, 2]. Конечномерные системы были использованы и при изучении статики и динамики стержневых конструкций, допускающих прогибы значительной величины [3, 4]. Выражения для упругого момента применительно к данному классу задач были получены в работе [4].

Особый интерес к изучению упругих стержней появился в связи с активным использованием их в качестве моделей различных биологических объектов. При этом на практике могут возникать задачи моделирования тел, имеющих как незамкнутую, так и замкнутую форму [5].

Для замкнутых форм упругих стержней были найдены различные равновесные состояния оси, такие как "круговая", "восьмерка" и "роза". Конечномерные аналоги таких конфигураций были найдены в работах [3, 4, 6], при этом решения уравнений равновесия системы были выписаны в элементарных функциях. Однако, как показывают экспериментальные

исследования, учет только изгибных деформаций не дает полной картины поведения биологических объектов. В связи с этим, при моделировании возникает задача учета других видов деформаций, таких как растяжение и сдвиг. Поэтому, следующим шагом при моделировании с помощью систем связанных твердых тел является учет упругих смещений в сочленениях, который может быть реализован с помощью телескопических шарниров.

Целью работы является построение конечномерной модели упругого стержня с учетом нелинейности прогибов и растяжения оси, а также нахождения равновесных конфигураций.

Результат. Получена замкнутая система уравнений, описывающая конечномерную модель упругого стержня с учетом нелинейности прогибов и растяжения оси. В случае замкнутой системы типа «восьмерка» для случаев четырех и шести тел получены условия существования равновесных конфигураций.

Список литературы

1. Савченко А.Я., Болграбская И.А., Кононыхин Г.А. Устойчивость движения систем связанных твердых тел. – Киев: Наук. Думка, 1991. – 166 с.
2. Bolgrabskaya I.A. Stability of permanent rotations of interconnected rigid bodies system with small asymmetry // *Multibody System Dynamics*. – 2001. – Т. 6. – Р. 59–72.
3. Болграбская И.А., Щепин Н.Н. Конечномерная модель замкнутого упругого стержня // *Механика твердого тела*. – 2005. – Вып. 35. – С. 33–39.
4. Болграбская И.А., Савченко А.Я., Щепин Н.Н. Замкнутые системы связанных твердых тел // *Механика твердого тела*. – 2006. – Вып. 36. – С. 94–103.
5. Бенхэм Дж. Механика и равновесные состояния сверхспирализованной ДНК// В кн.: Математические методы для анализа последовательностей ДНК. – М.: Мир, 1999. – С. 308–38.
6. Болграбская И.А., Щепин Н.Н. Положение равновесия замкнутых систем с самопересечением // *Механика твердого тела*. – 2007. – Вып. 37. – С. 145–151.

Механика деформируемых сред

УДК 539.3

ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИЙ В ОРТОТРОПНЫХ ОБОЛОЧКАХ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДВИЖУЩЕГОСЯ ИСТОЧНИКА ТЕПЛА

Авраменко Л.Е., канд. физ.-мат. наук,

Гольцев А.С., д-р физ.-мат. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

liliya.avramenko@list.ru

Введение. Решена задача термоупругости для тонких ортотропных оболочек неотрицательной гауссовой кривизны, находящихся под действием локального импульсного источника тепла. Рассматривался линейный закон распределения температуры по толщине оболочек и конвективный теплообмен по закону Ньютона с их боковых поверхностей. С помощью интегральных преобразований Фурье и Лапласа получено решение задачи в аналитическом виде.

Актуальность. В силу широкого распространения оболочечных элементов в сложных конструкциях, актуальным на сегодняшний день является вопрос об исследовании их поведения при различных технологических процессах, а также процессах обработки материалов концентрированными потоками энергии. К таким процессам относятся сварка, шлифование, резка линейным инструментом, хонингование, наплавка, механическое упрочнение обкаткой, обработка световым лучом, электронным и ионным лучами, плазменной струей.

Поведение пластин и изотропных оболочек при действии на них различных температурных воздействий изучено достаточно хорошо [1 – 4]. В меньшей степени, в силу сложности решений, исследовано поведение ортотропных и анизотропных оболочек, в частности распространение напряжений, которые возникают при лазерной и электронно-лучевой обработках материалов [5 – 8].

Целью настоящего исследования является решение задачи термоупругости для ортотропной оболочки при действии движущегося импульсного локального источника тепла.

Для исследования используются **методы** интегральных преобразований Фурье и Лапласа. Получено решение задачи в аналитическом виде. Исследовано влияние термомеханических характеристик материала, формы источника тепла и характера импульсного воздействия на распределение усилий в оболочке.

Результат. Для численных исследований влияния ортотропии на напряженно-деформированное состояние оболочки рассматривался склопластик косоугольной намотки, имеющий сильную анизотропию.

Исследования показали, что при определении мембранных усилий в ортотропных оболочках, находящихся под действием импульсного локального источника тепла, необходимо учитывать форму источника тепла, характер импульсного воздействия (т. е. продолжительность действия импульса, продолжительность паузы и количество пауз), а также ортотропные свойства материала оболочки.

В заключении стоит отметить, что исследования поведения ортотропных и анизотропных материалов проводятся и зарубежными учеными [5–6], что свидетельствует о необходимости их дальнейшего изучения и разработки новых подходов и методов при решении подобных задач.

Список литературы

1. Авраменко Л. Е. Теплопроводность и термоупругость тонких изотропных оболочек при импульсном нагреве движущимся источником тепла / Л. Е. Авраменко, В. П. Шевченко // Прикл. механика. – 2006. – Т. 42, № 11. – С. 85 – 92.
2. Коваленко А. Д. Термоупругость. – К.: Наук. думка. 1975. – 302 с.
3. Подстригач Я. С. Неустановившиеся температурные поля и напряжения в тонких пластинках / Я. С. Подстригач, Ю. М. Коляно. – К.: Наук. думка, 1972. – 308 с.
4. Подстригач Я. С. Термоупругость тонких оболочек / Я. С. Подстригач, Р. Н. Швец. – К.: Наук. думка, 1978. – 343 с.
5. Pavel Levin. A general solution 3-D quasi – steady – state problem of a moving heat source on a semi – infinite solid // Mechanics research communications. USA, – 2007. – P. 151 – 157.
6. Takezono Shigeo. Температурные напряжения и деформации в оболочках вращения средней толщины из функционально-градиентного материала при термическом импульсном нагружении / Takezono Shigeo, Tao Katsumi, Inamura Eijiroh, Ozawa Yoshihiro // Nihon Kikai gakkai ronbunshu. A. – 2000. – 66, N 645. – P. 1060–1067.
7. Коляно Ю. М. Температурные напряжения от объемных источников / Ю. М. Коляно, А. Н. Кулик – К.: Наук. думка, 1983. – 288 с.
8. Авраменко Л. Е. Термопружність ортотропних оболонок під дією рухомого зосередженого джерела тепла / Л. Е. Авраменко, В. П. Шевченко // Математичні методи та фізико-механічні поля. – 2009. – Т. 52, № 2. – С. 138 – 151.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ОРТОТРОПНОЙ ОБОЛОЧКИ, НАХОДЯЩЕЙСЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДВИЖУЩЕГОСЯ ИСТОЧНИКА ТЕПЛА

Авраменко Л.Е., канд. физ.-мат. наук
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
liliya.avramenko@list.ru

Введение. Решена задача теплопроводности тонких пологих ортотропных оболочек неотрицательной гауссовой кривизны под действием движущегося по поверхности оболочки локального импульсного источника тепла. Принято линейное распределение температуры по толщине оболочки и конвективный теплообмен по закону Ньютона с ее боковых поверхностей. С помощью интегральных преобразований Фурье и Лапласа получено решение в аналитическом виде. Исследовано влияние термомеханических характеристик материала, формы источника тепла и характера импульсного воздействия на распределение температуры и температурного момента в оболочке. На основании численных исследований построены графики распределения средней температуры и температурного момента для ортотропного и изотропного материалов.

Актуальность. Проблема исследования температурных задач для оболочек обусловлена их широким распространением в виде элементов современных конструкций, работающих в сложных условиях эксплуатации, например, в условиях неравномерного нагрева. В результате чего возникают дополнительные деформации элементов конструкций и температурные напряжения, которые существенно влияют на несущие свойства конструкций. Задача теплопроводности для изотропных пластин и оболочек при термическом импульсном нагружении рассматривалась в [1–3]. Теплопроводность ортотропных и анизотропных материалов, из-за сложности решений, изучена в меньшей степени [4–9].

Целью настоящего исследования является решение задачи теплопроводности для ортотропной оболочки при действии движущегося импульсного локального источника тепла.

Для исследования используются **методы** интегральных преобразований Фурье и Лапласа.

Результат. Для численных исследований влияния ортотропии на поведение температуры и температурного момента оболочки рассматривался склопластик косоугольной намотки, имеющий сильную анизотропию. Исследовано влияние формы локального источника тепла, характера импульсного воздействия (т.е. продолжительности действия импульса, продолжительности паузы и количества пауз), скорости

движения источника тепла, термомеханических свойств материала, кривизны оболочки, а также величины и характера теплообмена с окружающей средой на температурное поле оболочки.

Исследования показали, что при определении температурного поля в ортотропных оболочках, находящихся под действием импульсного локального источника тепла, необходимо учитывать скорость движения и форму источника тепла, характер импульсного воздействия, ортотропные свойства материала оболочки и величину теплообмена с окружающей средой.

Список литературы

1. Подстригач Я. С. Неустановившиеся температурные поля и напряжения в тонких пластинках / Я. С. Подстригач, Ю. М. Коляно. – К.: Наук. думка, 1972. – 308 с.
2. Авраменко Л. Е. Теплопроводность и термоупругость тонких изотропных оболочек при импульсном нагреве движущимся источником тепла / Л. Е. Авраменко, В. П. Шевченко // Прикл. механика. – 2006. – Т. 42, № 11. – С. 85 – 92.
3. Горюнов А.В. Односторонний импульсный нагрев цилиндрической оболочки переменной толщины / Р.Н. Молодожникова, А.И. Прокофьев // Труды МАИ. – 2016. – № 88. – С. 21-28.
4. Pavel Levin. A general solution 3-D quasi – steady – state problem of a moving heat source on a semi – infinite solid // Mechanics research communications. USA, – 2007. – P. 151 – 157.
5. Takezono Shigeo. Температурные напряжения и деформации в оболочках вращения средней толщины из функционально-градиентного материала при термическом импульсном нагружении / Takezono Shigeo, Tao Katsumi, Inamura Eijiroh, Ozawa Yoshihiro // Nihon Kikai gakkai ronbunshu. A. – 2000. – Vol. 66, N 645. – P. 1060–1067.
6. Авраменко Л.Е. Теплопроводность тонких ортотропных оболочек под действием движущегося импульсного сосредоточенного источника тепла / Л. Е. Авраменко, В. П. Шевченко // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій. – Днепропетровск, 2010. – № 14. – С. 3–12.
7. Авраменко Л.Е. О деформировании термоупругих ортотропных пологих оболочек под действием движущегося импульсного сосредоточенного источника тепла / Л. Е. Авраменко, В. П. Шевченко // Прикладная механика. 2013. – Т. 49, № 1. – С. 1–9.
8. Подстригач Я. С. Термоупругость тонких оболочек / Я.С. Подстригач, Р.Н. Швец. – К.: Наук. думка, 1978. – 343 с.
9. Коляно Ю. М. Температурные напряжения от объемных источников / Ю. М. Коляно, А. Н. Кулик – К.: Наук. думка, 1983. – 288 с.

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ДИСПЕРСИОННЫХ СПЕКТРОВ ВОЛН ДЕФОРМАЦИЙ ДЛЯ ДВУХСЛОЙНЫХ АНИЗОТРОПНЫХ ПЛАСТОВ В ТОЛЩЕ ГЕОМАССИВА

Болнокин В.Е.¹, д-р техн. наук, проф.,

Глухов А.А.²,

Сторожев В.И.², д-р техн. наук, проф.

¹Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, г. Москва,

²ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк.

Введение и актуальность рассматриваемой проблемы. Проблема исследования закономерностей распространения волн деформаций вдоль многослойных волноводов, расположенных в глубине массивов упругой среды, наряду с фундаментальным интересом к ряду ее неизученных аспектов, связана также с важными приложениями в современных технологиях ультразвукового контроля, в геоакустике и акустоэлектронике. К числу представляющих первоочередной интерес актуальных задач в этой области могут быть отнесены исследования закономерностей волновых процессов в многослойных упругих волноводах, которые представляют собой пакеты слоев с непрерывно изменяющимися по толщине физико-механическими свойствами, идеально контактирующие по обеим граничным поверхностям с деформируемыми полупространствами.

Целью представляемого исследования в связи с изложенными соображениями является разработка теоретической численно-аналитической методики получения и качественного анализа дисперсионных соотношений для локализованных сдвиговых волн вдоль двухслойных трансверсально-изотропных функционально-градиентных пластов, расположенных в толще трансверсально-изотропного геомассива.

Результаты исследований. Рассмотрен случай составного волновода, занимающего в прямоугольных безразмерных координатах $Ox_1x_2x_3$ область

$$V_{\Sigma} = V^{(+)} \cup V^{(1)} \cup V^{(2)} \cup V^{(-)}, \quad V^{(+)} = \{(x_1, x_2) \in R^2, x_3 > h_1\}, \\ V^{(1)} = \{(x_1, x_2) \in R^2, 0 < x_3 \leq h_1\}, \quad V^{(2)} = \{(x_1, x_2) \in R^2, -h_2 \leq x_3 \leq 0\}, \\ V^{(-)} = \{(x_1, x_2) \in R^2, x_3 < -h_2\}.$$

Уравнение распространения стационарных сдвиговых волн вдоль координатного направления Ox_1 в плоскостях изотропии компонентов трансверсально-изотропного функционально-градиентного волновода с упругими постоянными $\tilde{c}_{ij} = c_{ij} \cdot \exp(\lambda x_3)$ и параметром плотности $\tilde{\rho} = \rho \cdot \exp(\lambda x_3)$ имеет форму

$$((c_{11} - c_{12})/2)\partial_1^2 + c_{44}\lambda\partial_3 + c_{44}\partial_3^2 - \rho\partial^2/\partial t^2)u_2(x_1, x_3, t) = 0 \quad \partial_j = \partial/\partial x_j$$

и с учетом представления

$$u_2(x_1, x_3, t) = u_{20}(x_3) \cdot \exp(-i(\omega t - kx_1))$$

преобразуется к виду

$$u_{20}'' + \alpha u_{20}' + \beta^2 u_{20} = 0 \quad \alpha \equiv \lambda, \quad \beta^2 = (\rho\omega^2 - (c_{11} - c_{12})k^2/2)c_{44}^{-1}.$$

Решения уравнения относительно $u_{20}(x_3)$ для различных компонентов волновода получены в виде

$$u_{20}^{(+)}(x_3) = A_+ \cdot \exp((\gamma_+ - \lambda_+/2)x_3)$$

$$u_{20}^{(-)}(x_3) = A_- \cdot \exp((\gamma_- - \lambda_-/2)x_3)$$

$$u_{20}^{(1)}(x_3) = \exp(-\lambda_1/2)x_3 \cdot (A_{1c} \cos \gamma_1 x_3 + A_{1s} \sin \gamma_1 x_3)$$

$$u_{20}^{(2)}(x_3) = \exp(-\lambda_2/2)x_3 \cdot (A_{2c} \cos \gamma_2 x_3 + A_{2s} \sin \gamma_2 x_3)$$

где для каждой соответствующей компоненты волновода $\gamma = \pm(\beta^2 - \lambda^2/4)^{1/2}$

Условия локализации рассматриваемых волновых движений в двухслойном пакете принимают форму

$$(\gamma_+ - \lambda_+/2) < 0, \quad (\gamma_- - \lambda_-/2) > 0$$

а условия их существования заключаются в ограничениях вида

$$\beta_+^2 - \lambda_+^2/4 < 0 \quad \beta_-^2 - \lambda_-^2/4 < 0$$

для полубесконечных компонентов $V^{(+)}, V^{(-)}$ рассматриваемых волноводов, и в ограничениях вида

$$\beta_1^2 - \lambda_1^2/4 > 0 \quad \beta_2^2 - \lambda_2^2/4 > 0$$

для составляющих $V^{(1)}, V^{(2)}$ двухслойного пакета.

Дисперсионное соотношение для рассматриваемого волновода формулируется как следствие из краевых условий на границах контакта слоев и контакта слоев с вмещающими полупространствами

$$u_{20}^{(+)}(h_1) = u_{20}^{(1)}(h_1) \quad \sigma_{120}^{(+)}(h_1) = \sigma_{120}^{(1)}(h_1)$$

$$u_{20}^{(1)}(0) = u_{20}^{(2)}(0) \quad \sigma_{120}^{(1)}(0) = \sigma_{120}^{(2)}(0)$$

$$\sigma_{120}^{(-)}(-h_2) = \sigma_{120}^{(2)}(-h_2) \quad u_{20}^{(-)}(-h_2) = u_{20}^{(2)}(-h_2)$$

Оно имеет форму равенства нулю функционального определителя шестого порядка

$$\det \|S_{ij}(\omega, k)\| = 0$$

где ненулевые элементы функциональной матрицы $\|S_{ij}(\omega, k)\|$ в случае задания кортежа неизвестных коэффициентов в представлениях $u_{20}^{(+)}(x_3)$, $u_{20}^{(-)}(x_3)$, $u_{20}^{(1)}(x_3)$, $u_{20}^{(2)}(x_3)$ со структурой $(A_+, A_{1c}, A_{1s}, A_{2c}, A_{2s}, A_-)$ имеют вид

$$S_{11} = \exp((\gamma_+ - \lambda_+/2)h_1), \quad S_{12} = \exp(-\lambda_1/2)h_1 \cos \gamma_1 h_1, \quad S_{13} = \exp(-\lambda_1/2)h_1 \sin \gamma_1 h_1, \dots,$$

$$S_{64} = \exp((\lambda_1/2)h_2) \cos \gamma_2 h_2, \quad S_{65} = -\exp((\lambda_1/2)h_2) \sin \gamma_2 h_2, \quad S_{66} = \exp(-(\gamma_- + \lambda_-/2)h_2).$$

Качественный анализ асимптотических свойств корней полученного дисперсионного уравнения осуществляется с применением методов асимптотического анализа нулей квазиполиномов.

Заключение. Итогом описываемых исследований является теоретический алгоритм получения дисперсионных соотношений для локализованных волн деформаций для двухслойных трансверсально-изотропных пластов в толще трансверсально-изотропного функционально-градиентного геомассива, а также схема качественного анализа условий существования анализируемых волновых движений.

Список литературы

1. Глухов И.А., Сторожев В.И. Симметричные упругие волны в трансверсально-изотропном слое между однотипными трансверсально-изотропными полупространствами // Теоретическая и прикладная механика. – 2014. – № 8(54). – С. 114-122.
2. Глухов И.А., Сторожев В.И. Дисперсионные свойства локализованных упругих волн во вложенном между ортотропными полупространствами ортотропном слое // Труды Института прикладной математики и механики. – 2015. – Т. 29. – С. 41 – 50.
3. Кайбичев И. А. Поперечные волны в неоднородном слое между двумя средами. / И.А. Кайбичев, В.Г. Шавров. // Акустический журнал. – 1999. – Т. 45, №1. – С. 81-85.
4. Сторожев В.И., Глухов И.А. Локализованные Р-SV волны в транстропном слое между транстропными полупространствами при условиях скользящего контакта // Теоретическая и прикладная механика. – 2014. – № 9 (55). С. 71 – 81
5. Сторожев В.И., Глухов И.А. Локализованные антисимметричные волны в структуре «трансверсально-изотропный слой между трансверсально-изотропными полупространствами» // Механика твердого тела. – 2014. – Вып. 44. – С. 122 – 131.
6. Chattopadhyay A., Gupta S., Pato Kumari, Sharma V. K. Torsional wave propagation in non-homogeneous layer between non-homogeneous half-spaces // International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics. – 2013. – Vol. 37, Issue 10. – P. 1280–1291.
7. Kakar R., Gupta M. Love waves in an intermediate heterogeneous layer lying in between homogeneous and inhomogeneous isotropic elastic half-spaces // EJGE 19. – 2014. – Bund X. – P. 7165-7185.
8. Ting T.C.T. Steady waves in an anisotropic elastic layer attached to a half-space or between two half-spaces – A generalization of Love waves and Stoneley waves / T.C.T. Ting // Mathematics and mechanics of solids. – 2009. – Vol. 14, No. 1-2. – P. 52 – 71.
9. Wendler L. Acoustic interface waves in sandwich structures / L. Wendler, V.G. Grigoryan // Surface Science. – 1988. – Vol. 206. – P. 203 – 224.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ОБОБЩЁННЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ НА БАЗЕ ТЕОРИИ $\{m,n\}$ -АППРОКСИМАЦИИ

Бондаренко Н.С., канд. физ.-мат. наук, доцент
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
Bondarenko.Natalya.Sergeevna@gmail.com

Введение. В машиностроении, аэрокосмической технике, судостроении широко используются тонкостенные элементы конструкций. Усовершенствование существующих конструкций, возрастающее использование новых материалов, которые имеют значительную анизотропию упругих свойств, требует использования уточнённых теорий для описания процесса их деформирования в условиях как статического, так и динамического нагружения. Особенное значение имеют исследования напряжённо-деформированного состояния конструкций при действии сосредоточенного силового нагружения.

Главная особенность современного этапа развития механики пластинчатых и оболочечных конструкций состоит в переходе от классических теорий к обобщённым, которые имеют высокую точность и универсальность. В настоящей работе применяется обобщённая теория в варианте $\{m,n\}$ -аппроксимации, которая для получения двумерных уравнений статики использует метод разложения искомых функций в ряды Фурье по полиномам Лежандра.

Обзор литературы по теме исследования. Одним из способов получения двумерных уравнений статики является применение разложений искомых функций в ряды по поперечной координате [1]. Это, в частности, степенные ряды и разложения по системам ортогональных полиномов. Вывод двумерных уравнений на основе разложения искомых функций в степенные ряды даёт возможность получить более точные результаты, однако решение в этом случае становится более сложным. Это приводит к тому, что в этих разложениях возможен учёт только нескольких первых членов.

Использование обобщённых теорий описано в работах [2–6]. В публикациях [2–4] на базе двумерных обобщённых теорий авторами предложены постановки и методы решения задач, проведены численные исследования и дальнейший анализ полученных результатов. Публикации [5, 6] посвящены построению и исследованию фундаментальных решений, полученных с помощью обобщённой теории $\{m,n\}$ -аппроксимации.

Таким образом, исследование поведения перемещений на базе обобщённой теории в варианте $\{m,n\}$ -аппроксимации, имеет большое научное и практическое значение.

Постановка и методика решения задачи. Рассмотрим трансверсально-изотропную пластину толщины $2h$ в прямоугольной

декартовой системе координат x, y, z . На пластину действует сосредоточенная сила, приложенная в начале координат.

Представления компонент вектора перемещений, тензора напряжений и вектора объёмной силы в случае $\{1,0\}$ - и $\{1,2\}$ -аппроксимации, а также уравнения статики для этих приближений приведены в монографии [1]. Действие сосредоточенной силы моделируется δ -функцией Дирака.

Фундаментальные решения для рассматриваемых приближений найдены с помощью двумерного интегрального преобразования Фурье и методики обращения, основанной на использовании специальной G -функции [7].

Анализ полученных результатов. Проведены численные исследования обобщённых перемещений, позволяющие выявить влияние параметра сдвиговой податливости E/G' , где E – модуль Юнга в плоскости изотропии, G' – модуль сдвига в плоскостях, перпендикулярных к плоскости изотропии. Построены графики обобщённых перемещений для уравнений $\{1,0\}$ - и $\{1,2\}$ -аппроксимации для различных значений E/G' .

Полученные данные свидетельствуют о том, что обобщённые перемещения при увеличении параметра сдвиговой податливости возрастают. Графики позволили оценить характер уточнения, вносимого удержанием большего количества членов рядов Фурье по полиномам Лежандра.

Список литературы

1. Пелех Б. Л. Слоистые анизотропные пластины и оболочки с концентраторами напряжений / Б. Л. Пелех, В. А. Лазько. – Киев : Наукова думка, 1982. – 296 с.
2. Сметанкіна Н. В. Математичне моделювання процесу нестационарного деформування багатоплощадного скління при розподіленні та локалізованих силових навантаженнях / Н. В. Сметанкіна, О. М. Шупіков, С. В. Угрімов. // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2016. – С. 408–413.
3. Угрімов С. В. Моделювання напружено-деформованого стану шаруватих ортотропних пластин на пружній основі / С. В. Угрімов, Ю. М. Тормосов, В. А. Куценко, І. В. Лебединец // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Вып. 71, № 5/7. – С. 4–9.
4. Ugrimov S. V. Layered orthotropic plates. Generalized theory / S. V. Ugrimov, A. N. Shupikov // Composite structures. – 2015. – P. 224–235.
5. Bokov I. P. Investigation of stress-strain state of transversely isotropic plates under bending using equation of statics $\{1,2\}$ -approximation / I. P. Bokov, N. S. Bondarenko, E. A. Strelnikova // Scientific Journal «EUREKA: Physics and Engineering». – 2016. – Vol. 5 (5). – P. 58–66.
6. Bokov I. Analysis of fundamental solutions to the equations of statics constructed for transversal-isotropic plates / I. Bokov, N. Bondarenko, E. Strelnikova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – 2/7 (86). – P. 4–12.
7. Хижняк В. К. Смешанные задачи теории пластин и оболочек : учебн. пособие / В. К. Хижняк, В. П. Шевченко. – Донецк : ДонГУ, 1980. – 128 с.

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ G-ФУНКЦИИ

Гольцев А.С., д-р физ.-мат. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

a.s.goltsev@mail.ru

Математическое моделирование физических процессов заключается в формулировке уравнений математической физики, решения которых во многих случаях выражаются через специальные функции. Поэтому точность вычисления этих функций в значительной степени определяет величину погрешности результатов численного эксперимента. Актуальность данного вопроса рассматривалась, в частности, в публикации [1], где оценивалась точность вычислений специальных функций.

Данная работа посвящена верификации программы вычисления специальной G-функции [2], которая была введена в рассмотрение при построении фундаментальных решений в теории тонкостенных элементов конструкций. На основе связи этой функции с функцией Макдональда был разработан алгоритм вычисления G-функции и реализован на языке FORTRAN.

Данная программа использовалась при решении контактных задач и задач механики разрушения теории пластин и оболочек. Частные решения этих задач для случаев описанных в литературе совпали с опубликованными результатами других авторов. Этот факт подтверждает основную качественную характеристику данной программы – точность вычисления. Использовались различные методы верификации [3]. В частности, был проведён аудит. Была также составлена отдельная программа для частных случаев расчёта G-функции на языке FORTRAN и в пакете MAPLE. Сравнение результатов вычислений не обнаружило существенных расхождений.

Список литературы

1. Никонов О.Я., Мнушка О.В., В.Н. Савченко Оценка точности вычислений специальных функций при разработке компьютерных программ математического моделирования // Вестник НТУ ХПИ. Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ “ХПИ”. – 2011. – № 17. – С. 115 – 121.
2. Хижняк В.К., Шевченко В.П. Смешанные задачи теории пластин и оболочек: учебное пособие. – Донецк: ДонГУ, 1980. – 128 с.
3. Гурин Р. Е., Рудаков И. В., Ребриков А. В. Методы верификации программного обеспечения // Инженерный вестник (эл. журнал). – 2015. – № 9. – С 549 – 562.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ И ДВОЯКОПЕРИОДИЧЕСКАЯ ЗАДАЧИ ДЛЯ АНИЗОТРОПНОЙ ПЛИТЫ С ЭЛЛИПТИЧЕСКИМИ ОТВЕРСТИЯМИ ИЛИ ТРЕЩИНАМИ

Занько А.И., канд. физ.-мат. наук,
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
al.zanko@mail.ru

Актуальность работы. Тонкие анизотропные плиты с отверстиями находят широкое применение в современной инженерной практике. Под действием внешних усилий около отверстий таких плит могут возникать высокие концентрации напряжений, которые весьма велики при наличии большого количества отверстий. Все это нужно учитывать при проектировании конструкций с элементами в виде тонких плит с отверстиями. Поэтому актуальны проблемы разработки эффективных методов решения таких задач. В данной работе для решения такого класса задач, когда плита ослаблена периодическим или двоякопериодическим рядами отверстий, предлагается метод решения таких задач, использующий комплексные потенциалы теории изгиба анизотропных плит с удовлетворением граничных условий на контурах обобщенным методом наименьших квадратов.

Постановка и метод решения задачи. Пусть плита имеет бесконечное число одинаковых и одинаково ориентированных эллиптических отверстий с контурами L_l ($l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) с центрами вдоль одной прямой, принимаемой за ось Ox прямоугольной системы координат Oxy с началом в центре основного отверстия с контуром L_0 . Обозначим полуоси эллипсов через a , b , угол наклона полуоси a к оси Ox – через φ , расстояние между центрами соседних отверстий – через h_x . Контура плиты L_l свободны от усилий, на бесконечности плита находится под действием моментов M_x^∞ , M_y^∞ , H_{xy}^∞ .

В этом случае производные комплексных потенциалов с учетом периодичности напряженного состояния примут вид [1–4]

$$W'_k(z_k) = \Gamma_k z_k + \sum_{n=1}^{\infty} a_{kn} \psi_{kn}(z_k), \quad W''_k(z_k) = \Gamma_k + \sum_{n=1}^{\infty} a_{kn} \psi'_{kn}(z_k). \quad (1)$$

где

$$\psi_{kn}(z_k) = \sum_{l=-\infty}^{\infty} \varphi_{kln}(z_k), \quad \psi'_{kn}(z_k) = \sum_{l=-\infty}^{\infty} \varphi'_{kln}(z_k); \quad (2)$$

Γ_k и $\varphi_{kln}(z_k)$ – известные постоянные и функции, определяемые из конформных отображений внешности единичного круга на внешности

эллипсов; a_{kn} — неизвестные постоянные определяемые из соответствующих граничных условий на контурах отверстий, которые в силу периодичности нужно удовлетворять лишь на одном из контуров, например, на контуре центрального отверстия L_0 . На остальных контурах в силу периодичности комплексных потенциалов, граничные условия будут удовлетворены автоматически. Удовлетворяя этим условиям обобщенным методом наименьших квадратов [5], для определения коэффициентов a_{kn} получим следующую переопределенную систему линейных алгебраических уравнений

$$2 \operatorname{Re} \sum_{k=1}^2 \sum_{n=1}^{\infty} g_{k0i} \delta_{k,s} \psi'_{kn}(t_{km}) a_{kn} = \frac{df_{0i}(t_m)}{ds} - 2 \operatorname{Re} \sum_{k=1}^2 g_{k0i} \delta_{k,s} \Gamma_k \quad (m = \overline{1, M_0}; i = 1, 2). \quad (3)$$

После нахождения псевдорешений системы уравнений (2) с использованием сингулярных разложений постоянные a_{kn} , а следовательно и функции $W'_k(z_k)$, будут известными и по ним можно вычислять изгибающие моменты в любой точке плиты.

Если плита имеет m ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) одинаковых бесконечных рядов одинаковых и одинаково ориентированных эллиптических отверстий с контурами L_{ml} ($m, l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$), с полуосями a , b и расстояниями между центрами соседних рядов h_y , то производные комплексных потенциалов будут такими:

$$W'_k(z_k) = \Gamma_k z_k + \sum_{n=1}^{\infty} a_{kn} \xi_{kn}(z_k), \quad W''_k(z_k) = \Gamma_k + \sum_{n=1}^{\infty} a_{kn} \xi'_{kn}(z_k). \quad (4)$$

где

$$\xi_{kn}(z_k) = \sum_{l=-\infty}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \Phi_{klmn}(z_k), \quad \xi'_{kn}(z_k) = \sum_{l=-\infty}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \Phi'_{klmn}(z_k). \quad (5)$$

Для определения неизвестных постоянных a_{kn} опять удовлетворим граничным условиям лишь на контуре центрального отверстия L_0 . Тогда получится система, которая следует из системы (3), если в последней $\psi'_{kn}(z_k)$ заменить на $\xi'_{kn}(z_k)$.

Описание результатов численных исследований. Были проведены численные исследования для плиты с периодическим рядом круговых отверстий вдоль оси Ox при ее изгибе на бесконечности усилиями интенсивности m ($M_y^\infty = m$). Исследования установлено, что наибольшая концентрация моментов наблюдается вблизи контура отверстия в зоне между контурами. Значения моментов в этой зоне резко растут с приближением контуров друг к другу, особенно в точке, соединяющей линии центров, соответствующей углу $\theta = 0$. При этом вблизи точки,

соответствующей углу $\theta = \pi/2$ значения моментов изменяются незначительно. Чем выше «степень анизотропии» материала плиты, тем выше уровень концентрации моментов. Правда, при сближении отверстий друг с другом это влияние уменьшается, но все время остается большим. Когда расстояние между контурами больше $10t$ влияние одних отверстий на напряженное состояние около других незначительно, им можно пренебречь и считать плиту ослабленной лишь одним отверстием.

Были проведены численные исследования для плиты с периодическим рядом трещин. Как показывают расчеты, при сближении трещин друг с другом в случае изгиба плиты с трещинами расположенными вдоль оси Ox моментами интенсивности m вдоль направления оси Oy значения КИН $k_1^\pm$ ($k_2^\pm = 0$) растут. Несколько другое положение в случае бесконечного ряда трещин поперек оси Oy параллельных оси Ox . С приближением трещин к друг другу значения $k_1^\pm$ уменьшаются. На значения $k_1^\pm$ значительно влияет анизотропия материала, причем чем ближе трещины к друг другу, тем сильнее это влияние, когда расстояние между контурами больше $10t$ это влияние отсутствует.

Такие же исследования проведены для плиты с двоякопериодической системой круговых отверстий при ее изгибе на бесконечности моментами интенсивности m ($M_y^\infty = m$). Исследованиями установлено, что наибольшая концентрация моментов наблюдается в окрестности угла $\theta = 0$. Значения моментов в этой зоне, а также в окрестности угла $\theta = \pi/2$ вначале по модулю убывают, а затем возрастают. В случае двоякопериодической задачи значения моментов меньше, чем для случая периодической задачи. Существенно на значения моментов влияет «степень анизотропии».

Список литературы

1. Лехницкий С. Г. Анизотропные пластинки. – М.: Гостехиздат, 1957. – 463 с.
2. Меглинский В. В. Некоторые задачи изгиба тонких многосвязных анизотропных плит // Некоторые задачи теории упругости о концентрации напряжений и деформации упругих тел. – 1967. – Вып. 3. – С. 97–127.
3. Калоеров С.А, Горянская Е.С. Двумерное напряженно-деформированное состояние многосвязного анизотропного тела // Концентрация напряжений. Механика композитов: В 12 т. – К.: А. С. К., т. 7. 1998. – С. 10–26.
4. Калоеров С.А. Комплексные потенциалы теории изгиба многосвязных анизотропных плит // Теорет. и прикладная механика. – 2012. – № 4 (50). – С. 115 – 136.
5. Форсайт Дж., Малькольм М, Моулер К. Машинные методы математических вычислений. – М.: Мир, 1969. – 280 с.

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АНИЗОТРОПНОГО КОЛЬЦА С ТРЕЩИНАМИ ИЛИ РАЗРЕЗАМИ

Калоеров С.А., д-р физ.-мат. наук, профессор,
Авдюшина Е.В., канд. физ.-мат. наук, доцент
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
avdushina.e.v@mail.ru

Тонкие пластинки из композиционных материалов с отверстиями широко используются в качестве элементов конструкций современного авиа-, машино- и приборостроения. Часто такие элементы могут иметь трещины, около которых возникают высокие концентрации напряжений, приводящие к разрушению конструкций. Поэтому актуальны вопросы разработки достаточно надежных методов определения напряженного состояния таких пластинок. Наиболее достоверные результаты при решении этих задач получаются при использовании обобщенных комплексных потенциалов [1] с нахождением этих функций из граничных условий обобщенным методом наименьших квадратов (ОМК) [2]. В данном докладе последним методом решена задача для кольца с трещинами или разрезами, соединяющими границы. Эта задача решена как частный случай задачи для конечной многосвязной области с эллиптическими отверстиями.

Постановка и решение задачи для многосвязной пластинки. Рассмотрим отнесенную к прямоугольной декартовой системе координат Ox анизотропную пластинку, занимающую конечную многосвязную область S , ограниченную внешним контуром L_0 и контурами эллиптических отверстий L_l ($l = \overline{1, \mathcal{L}}$). Некоторые из эллипсов могут переходить в разрезы, которые могут пересекать контуры области. Если для определения напряженно-деформированного состояния пластинки использовать комплексные потенциалы [1], то решение задачи сводится к нахождению функций $\Phi_k(z_k)$ комплексных переменных из соответствующих граничных условий на контурах. Используя конформные отображения и разлагая функции в соответствующие ряды Лорана и по полиномам Фабера, в рассматриваемом случае для комплексных потенциалов получаем выражения

$$\Phi_k(z_k) = \sum_{l=0}^{\mathcal{L}} \sum_{n=1}^{\infty} a_{kln} \varphi_{kln}(z_k), \quad (1)$$

где $\varphi_{kln}(z_k)$ – известные функции, определяемые из соответствующих конформных отображений внешности единичных кругов на внешности эллипсов; a_{kln} – неизвестные коэффициенты рядов, определяемые из

граничных условий. Удовлетворяя этим условиям обобщенным методом наименьших квадратов, получаем следующую переопределенную систему линейных алгебраических уравнений:

$$2\operatorname{Re} \sum_{k=1}^2 \sum_{l=0}^{\mathcal{L}} \sum_{n=1}^{\infty} g_{kpi} \delta_{k,s} \Phi'_{kln}(t_{kpm}) a_{kln} = f_{pi}(t_{pm}) \left(p=\overline{0, \mathcal{L}}; m=\overline{1, M_p}; i=\overline{1, 2} \right), \quad (2)$$

где g_{kpi} и $f_{pi}(t_{pm})$ – известные постоянные и функции, зависящие от способа загрузки или подкрепления контуров; t_{pm} – точки на контурах, в которых удовлетворяются граничные условия.

Система (2) решается с использованием сингулярных разложений [3]. После нахождения псевдорешений этой системы постоянные a_{kln} , а следовательно и функции $\Phi'_k(z_k)$, будут известными и по ним можно вычислять в любой точке пластинки напряжения, а в случае трещин и коэффициенты интенсивности напряжений (КИН) $k_1^{\pm}$ и $k_2^{\pm}$ [4]. Знаки + и – у КИН относятся к правому и левому концам разреза соответственно.

Описание результатов численных исследований. Проведены численные исследования напряженного состояния кругового кольца с внутренним контуром L_1 радиуса R_1 и внешним L_0 радиуса $R_0 = 3R_1$ при действии на внешнем контуре растягивающих усилий интенсивности p (рис. 1-3). В качестве материала рассматривался изотропный алюминий (материал М1) и сильно анизотропный углепластик HMS/DX209 с мягкими волокнами вдоль оси Ox (материал М33). Все приводимые ниже результаты даны с точностью p .

В таблице для кольца с центральной трещиной в перемычке полудлины l приведены значения КИН для концов трещины в зависимости от l/R_1 , а на рис. 1 и рис. 2 изображены графики распределения нормальных напряжений σ_s на площадках, перпендикулярных контурам кольца L_0 и L_1 соответственно. Значения для случая $l/R_1 = 0$ соответствуют кольцу без трещины. На рис. 3 для такого же кольца с разрезом, соединяющим контуры L_0 и L_1 изображены графики распределения нормальных напряжений σ_s

Таблица

Материал	КИН	l/R_1								
		0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,95	0,97	0,98	0,99
М1	k_1^-	0,452	0,842	1,237	1,827	3,130	2,787	2,502	1,479	0,717
	k_1^+	0,443	0,799	1,160	1,738	2,860	1,836	1,446	1,055	1,487
М33	k_1^-	0,417	0,869	1,393	2,098	3,639	4,945	5,983	6,557	6,184
	k_1^+	0,416	0,879	1,451	2,292	4,066	4,987	5,205	5,020	4,748

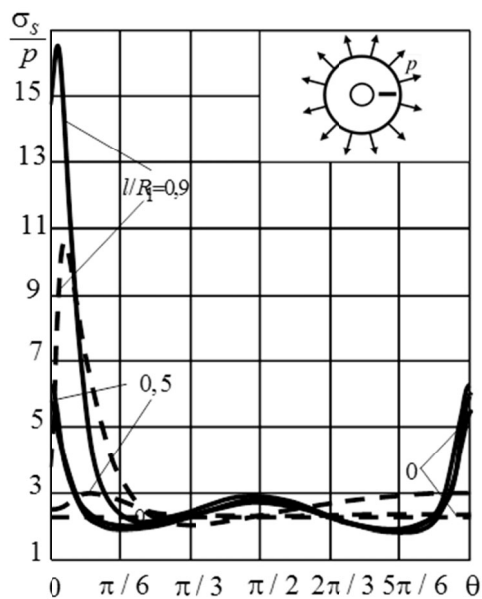


Рис. 1

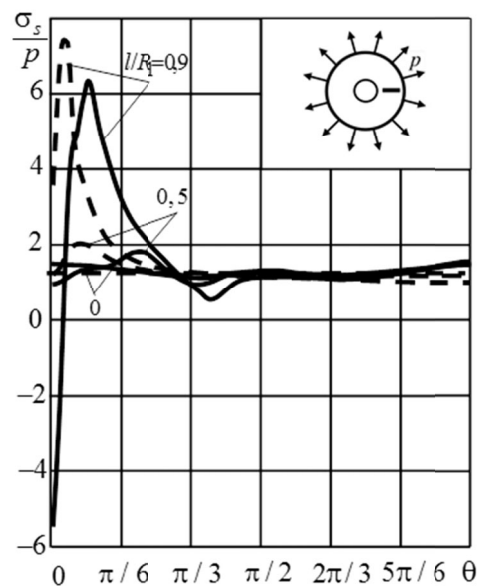


Рис. 2

около контуров на площадках, перпендикулярных внутреннему и внешнему контурам кольца. Кривые 1 и 2 относятся к внутреннему и внешнему контурам соответственно. Сплошные линии рисунков соответствуют кольцу из анизотропного материала, штриховые – из изотропного материала.

Как видно, с ростом длины центральной трещины значения КИН и напряжений около контуров кольца вблизи концов трещины резко возрастают. Этот рост для анизотропного кольца значительно выше, чем для изотропного кольца. В случае кольца с разрезом наблюдаются разгрузка напряжений около контуров вблизи разреза и значительное увеличение их значений вблизи противоположной стороны, причем для изотропного кольца наблюдается плавное увеличение значений, а для анизотропного – резкое увеличение около точек внешнего контура.

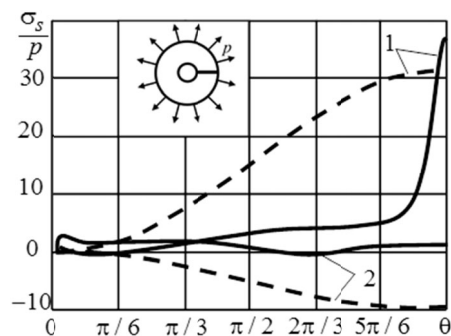


Рис. 3

Список литературы

1. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. – М.: Наука, 1977. – 416 с.
2. Калоеров С.А., Добряк Д.А. Термоупругое состояние кусочно-однородной анизотропной пластинки // Вісн. Донец. ун-ту. Сер.А, Природ. науки. – 2006. – Вип. 2. – С. 77–88.
3. Форсайт Дж. Машинные методы математических вычислений / Дж. Форсайт, М. Малькольм, К. Моулер. – М.: Мир, 1969. – 280 с.
4. Калоеров С.А. Определение коэффициентов интенсивности напряжений, индукции и напряженности для многосвязных сред // Прикладная механика. – 2007. – Т. 43, № 6. – С. 56–62.

ИЗГИБ ПЛИТЫ С КРИВОЛИНЕЙНЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ

Калоеров С.А., д-р физ.-мат. наук, проф.,*Занько А.И.*, канд. физ.-мат. наук,

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

al.zanko@mail.ru

Введение. Предложен приближенный метод определения напряженного состояния тонких анизотропных плит с криволинейными отверстиями, заключающийся в использовании комплексных потенциалов теории изгиба анизотропных плит, аппроксимации контуров отверстий дугами эллипсов и берегами прямолинейных разрезов, в использовании конформных отображений, представлении комплексных потенциалов рядами Лорана и определении неизвестных коэффициентов рядов обобщенным методом наименьших квадратов. Изотропные плиты рассматриваются как частный случай анизотропных плит. Численные исследования проведены для плиты с квадратными и треугольными отверстиями. Исследованиями установлена высокая степень точности получаемых результатов. Отмечены значительные отличия известных в литературе результатов от истинных, близких к получаемым данным подходом.

Постановка и метод решения задачи. Рассмотрим занимающую бесконечную многосвязную область S тонкую анизотропную плиту с произвольно расположенными эллиптическими отверстиями L_l ($l = \overline{1, L}$) с полуосями a_l , b_l . Плита находится под действием распределенных поперечных усилий p_l и изгибающих моментов m_l на контурах L_l и моментов M_x^∞ , M_y^∞ , H_{xy}^∞ , действующих на бесконечности. В общем случае эллипсы L_l могут переходить в прямолинейные разрезы, располагаться произвольно относительно друг друга, в том числе касаться, пересекаться, образуя контуры сложной конфигурации, аппроксимируемые дугами эллипсов и берегами прямолинейных разрезов.

Определение напряженно-деформированного состояния рассматриваемой плиты при использовании комплексных потенциалов теории изгиба [1, 2, 4] сводится к нахождению комплексных потенциалов $W_k(z_k)$ ($k = 1, 2$) из соответствующих граничных условий. Используя методы конформных отображений и разложений функций в ряды Лорана, для производных этих функций получаем выражения вида [3, 4]

$$W'_k(z_k) = \Gamma_k z_k + \sum_{l=1}^L \sum_{n=1}^{\infty} \varphi_{kln}(z_k) a_{kln}, \quad (1)$$

в которых Γ_k и $\varphi_{kln}(z_k)$ – известные постоянные и функции, определяемые

из конформных отображений внешности единичного круга на внешности эллипсов; a_{kln} — неизвестные постоянные определяемые из соответствующих граничных условий на контурах отверстий. Удовлетворяя этим условиям обобщенным методом наименьших квадратов [5], для определения коэффициентов a_{kln} получим следующую переопределенную систему линейных алгебраических уравнений

$$2 \operatorname{Re} \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^{\mathcal{L}} \sum_{n=1}^{\infty} g_{kli} \delta_k \phi'_{kln}(t_{klm}) a_{kln} = \frac{df_{li}(t_{lm})}{ds} - 2 \operatorname{Re} \sum_{k=1}^2 \delta_k g_{kli} \Gamma_k \quad (l = \overline{1, \mathcal{L}}; m = \overline{1, M_l}; i = \overline{1, 2}), \quad (2)$$

где $\delta_k = dz_k/ds$.

После нахождения псевдорешений системы уравнений (2) с использованием сингулярных разложений постоянные a_{kln} , а следовательно и функции $W'_k(z_k)$, будут известными и по ним можно вычислять изгибающие моменты в любой точке плиты

$$(M_x, M_y, H_{xy}) = -2 \operatorname{Re} \sum_{k=1}^2 (p_k, q_k, r_k) W''_k(z_k). \quad (3)$$

Описание результатов численных исследований. Приведенный подход был использован для решения задач о напряженном состоянии плит с отверстиями различной конфигурации. Ниже описаны некоторые из полученных результатов плит с квадратными и треугольными отверстиями.

На рис. 1 изображены графики распределения изгибающих моментов

M_s для точек отрезков EA и AF по сторонам на площадках, перпендикулярных к ним (M_y для вертикальных сторон, M_x для горизонтальных сторон) в точках с указанными координатами с точностью до интенсивности приложенных моментов m_y как множителей. Сплошные линии рисунков здесь и далее соответствуют плите из анизотропного материала стеклопластик косоугольной намотки, штриховые — плите из изотропного материала КАСТ-В. Из данных рис. 1 видно, что при приближении к вершинам квадрата значения моментов стремятся к бесконечности, вдоль горизонтальных

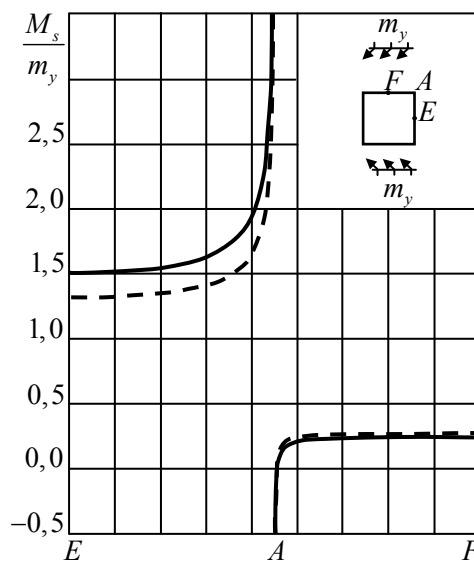


Рис. 1

сторон к $-\infty$, вдоль вертикальных сторон — к $+\infty$, причем рост моментов вдоль вертикальных сторон больше, чем убывание вдоль горизонтальных сторон. Аппроксимация сторон углов вблизи вершин снимает особенность моментов в этих точках, причем, чем меньше радиус закругления, тем больше значения моментов в вершинах (закругленных). Чем выше «степень анизотропии» (отличие a_{11}/a_{22} от 1), тем больше значения моментов вдоль вертикальной стороны и меньше вдоль горизонтальной стороны.

Заметим, что с целью сравнения результатов с известными из литературы для плиты из березовой фанеры с квадратным отверстием при всестороннем изгибе исследования проводились и для этого случая. Значения изгибающих моментов, полученные в работе, оказались значительно отличными от наших вблизи вершин. Они достаточно близки к полученным нами лишь в точках, близких к серединам сторон квадрата.

Как показали расчеты для плиты с двумя квадратными отверстиями, с уменьшением расстояния между отверстиями значения изгибающих моментов вблизи контуров и точках перемычки растут. Если расстояние между отверстиями более трех длин сторон, то влиянием одного отверстия на значения моментов около другого незначительно и им можно пренебречь.

Для плиты с отверстием в форме равнобедренного треугольника на рис. 2 приведены графики изменения M_y/m_y в точке оси Ox вблизи вершины A зависимости от угла φ при вершине треугольника. Из данных рис. 2 и других полученных результатов видно, что с уменьшением угла φ значения изгибающих моментов вблизи боковых сторон треугольника уменьшаются, вблизи основания растут. Если угол φ равен нулю, то моменты в окрестности

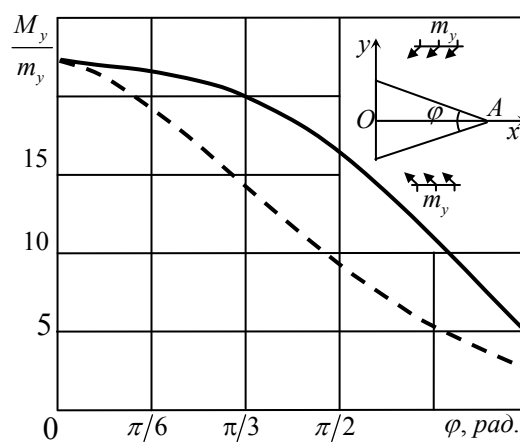


Рис. 2

точки A получаются такими же, как в плите с одним эллиптическим отверстием-трещиной, причем это значение не зависит от анизотропии материала. Как показали расчеты, в точках плиты на продолжении высоты, удаленных от вершины A на расстояния более высоты $2a$, значения моментов такие же, как в плите без отверстия, т. е. влияние отверстия на напряженное состояние можно пренебречь.

Список литературы

1. Лехницкий С. Г. Анизотропные пластинки. – М.: Гостехиздат, 1957. – 463 с.
2. Меглинский В. В. Некоторые задачи изгиба тонких многосвязных анизотропных плит // Некоторые задачи теории упругости о концентрации напряжений и деформации упругих тел. – 1967. – Вып. 3. – С. 97–127.
3. Калоеров С.А, Горянская Е.С. Двумерное напряженно-деформированное состояние многосвязного анизотропного тела // Концентрация напряжений. Механика композитов: В 12 т. – К.: А. С. К., т. 7. 1998. – С. 10–26.
4. Калоеров С.А. Комплексные потенциалы теории изгиба многосвязных анизотропных плит // Теорет. и прикладная механика. – 2012. – № 4 (50). – С. 115 – 136.
5. Форсайт Дж., Малькольм М, Моулер К. Машинные методы математических вычислений. – М.: Мир, 1969. – 280 с.

ДЕЙСТВИЕ ЛИНЕЙНОГО ПОТОКА ТЕПЛА В МНОГОСВЯЗНОЙ ПЬЕЗОПЛАСТИНКЕ, НАХОДЯЩЕЙСЯ В УСЛОВИЯХ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА

Калоеров С. А., д-р физ.-мат. наук, проф.,

Глушанков Е. С.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

kaloerov@mail.ru, evgenij.glushankov@gmail.com

В современной технике и приборостроении широкое применение получили пластинки из пьезоматериалов, имеющие различные отверстия. Эти пластинки часто подвергаются тепловому воздействию, в результате чего в них могут возникать высокие концентрации напряжений. Поэтому актуальны разработка методов исследования напряженного состояния анизотропных многосвязных пластинок и решение на их основе конкретных задач. Но к настоящему времени такие задачи решены лишь для случаев, когда на контурах отверстий пластинки заданы значения температуры или потока тепла. Случай же конвективного теплообмена с внешней средой не рассматривался.

В данной работе с использованием обобщенных комплексных потенциалов, разложений функций в ряды Лорана и обобщенного метода наименьших квадратов решена задача термоэлектромагнитоупругости о действии линейного потока тепла в бесконечной пластинке с отверстиями, когда через контуры отверстий имеет место конвективный теплообмен с внешней средой.

Постановка и метод решения задачи. Рассмотрим отнесенную к прямоугольной декартовой системе координат Oxy пластинку из пьезоматериала, занимающую бесконечную многосвязную область S , ограниченную контурами эллиптических отверстий L_l ($l = \overline{1, \mathcal{L}}$). На бесконечности действует линейный поток тепла интенсивности q , на контурах отверстий имеет место конвективный теплообмен с внешней средой, они свободны от внешних механических усилий и электромагнитных воздействий. Некоторые из эллипсов могут переходить в разрезы, которые могут пересекать контуры области.

Для решения задачи будем использовать комплексный потенциал теплопроводности $F_5(z_5)$ и комплексные потенциалы термоэлектромагнитоупругости $\Phi_k(z_k)$. В данном случае эти функции имеют вид [1, 2]

$$F_5(z_5) = c_5 + \sum_{l=1}^{\mathcal{L}} D_l w_{5l}(z_5) + \sum_{l=1}^{\mathcal{L}} \sum_{n=1}^{\infty} c_{5ln} \varphi_{5ln}(z_5), \quad (1)$$

$$\Phi_k(z_k) = \Gamma_k z_k + \sum_{l=1}^{\mathcal{L}} (A_{kl} z_k + B_{kl}) w_{kl}(z_k) + \sum_{l=1}^{\mathcal{L}} \sum_{n=1}^{\infty} a_{kln} \varphi_{kln}(z_k), \quad (2)$$

где $w_{5l}(z_5) = \ln(z_5 - z_{5l})$, $w_{kl}(z_k) = \ln(z_k - z_{kl})$; $\varphi_{5ln}(z_5)$, $\varphi_{kln}(z_k)$ – функции, получаемые из конформных отображений внешности единичного круга на внешности соответствующих эллипсов; z_{5l} , z_{kl} – точки, соответствующие при аффинных преобразованиях произвольным точкам внутри L_l ; c_5 , D_l , c_{5ln} , a_{kln} – неизвестные постоянные, определяемые из граничных условий на контурах. Удовлетворяя этим условиям обобщенным методом наименьших квадратов, для нахождения этих постоянных получаем следующие две переопределенные системы линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} & 2hc_5 + 2\operatorname{Re} \sum_{l=1}^{\mathcal{L}} \left(h w_{5l}(t_{5jm}) + i \varkappa_T \delta_{5,s} w'_{5l}(t_{5jm}) \right) D_l + \\ & + 2\operatorname{Re} \sum_{l=1}^{\mathcal{L}} \sum_{n=1}^{\infty} \left(h \varphi_{5ln}(t_{5jm}) + i \varkappa_T \delta_{5,s} \varphi'_{5ln}(t_{5jm}) \right) c_{5ln} = \\ & = q_n^* - h(T^* - \mathcal{T}) \quad (m = \overline{1, M_j}); \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & 2\operatorname{Re} \sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^{\mathcal{L}} \sum_{n=1}^{\infty} d_{kji} \delta_{k,s} \varphi'_{kln}(t_{kjm}) a_{kln} = \frac{df_{ji}(t_{jm})}{ds} - \\ & - 2\operatorname{Re} \sum_{k=1}^4 d_{kji} \delta_{k,s} \left(\Gamma_k + \sum_{l=1}^{\mathcal{L}} (A_{kl} w_{kl}(t_{kjm}) + (A_{kl} t_{kjm} + B_{kl}) w'_{kl}(t_{kjm})) \right) - \\ & - 2\operatorname{Re} d_{5ji} \delta_{5,s} r_5 F_5(t_{5jm}) \quad (j = \overline{1, \mathcal{L}}; m = \overline{1, M_j}; i = \overline{1, 4}). \end{aligned} \quad (4)$$

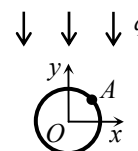
Здесь h – коэффициент теплообмена пластинки с внешней средой; $\mathcal{T}$ – температура внешней среды; d_{kji} и $f_{ji}(t_{jm})$ – известные постоянные и функции, зависящие от типа граничных условий; t_{jm} – точки на контурах, в которых удовлетворяются граничные условия; t_{kjm} – точки, соответствующие t_{jm} при аффинных преобразованиях области; $\delta_{k,s} = dt_{kjm}/ds$ – производная функции по дуге контура. Системы (3) и (4) будем решать с применением сингулярного разложения [3]. После решения этих систем функции $F_5(z_5)$ и $\Phi_k(z_k)$ станут известными и по ним можно найти в любой точке пластинки значения температуры, а также основные характеристики термоэлектромагнитоупругого состояния (ТЭМУС) (напряжения, индукции и напряженности электромагнитного поля) [1, 2]. Если эллиптический контур является прямолинейной трещиной, то можно вычислять и коэффициенты интенсивности напряжений, индукций и напряженностей (КИНИН).

Если в приведенном решении задачи термоэлектромагнитоупругости (ТЭМУ) не учитывать электромагнитные свойства материала, то получится

решение задачи термоупругости (ТУ) для анизотропной пластинки.

Описание результатов численных исследований. Численные исследования были проведены для пластинки из материалов [1, 2]: 1) композит $BaTiO_3 - CoFe_2O_4$ (материал М1); 2) композит на основе $CdSe$ и $BaTiO_3$ (М2); 3) композит на основе $PZT - 4$ и $CoFe_2O_4$ (М3).

В таблице для пластинки с круговым отверстием радиуса a_1 (полуось $b_1 = a_1$) с точностью до множителя q для задач ТЭМУ и ТУ приведены значения нормальных напряжений σ_s на площадке, перпендикулярной к контуру отверстия, в точке A (рисунок) с центральным углом $\theta = \pi/4$, отсчитываемым против часовой стрелки от положительного направления оси Ox , при $\mathcal{T} = 0$ и различных значениях ha_1 .



Материал	Тип задачи	Значения ha_1						
		0	0,01	0,1	1	10	100	∞
М1	ТУ	-0,204	-0,202	-0,188	-0,087	0,122	0,194	0,204
	ТЭМУ	0,448	0,445	0,414	0,192	-0,269	-0,427	-0,448
М2	ТУ	0,008	0,008	0,008	0,006	0,000	-0,007	-0,008
	ТЭМУ	0,011	0,011	0,011	0,009	-0,001	-0,011	-0,011
М3	ТУ	0,101	0,099	0,087	0,019	-0,067	-0,087	-0,090
	ТЭМУ	0,123	0,121	0,107	0,023	-0,082	-0,107	-0,110

Из приведенных данных и других полученных результатов следует, что на значения напряжений существенно влияет коэффициент теплообмена h . При $ha_1 < 0,01$ контур можно считать теплоизолированным, при $ha_1 > 100$ можно считать, что на контуре задана постоянная температура $\mathcal{T}$ [2]. Пренебрежение электромагнитными свойствами материала пластинки приводит к значительному искажению значений напряжений, поэтому при расчетах этими свойствами пренебрегать нельзя. Если отношение полуосей эллипса меньше 10^{-3} , то эллипс можно считать трещиной и для него вычислять КИН. Для пластинки с трещиной закономерности изменения ТЭМУС аналогичны таковым для пластинок с отверстиями. Наличие нескольких отверстий приводит к увеличению концентрации напряжений.

Список литературы

1. Калоеров С. А., Сорочан О. А. Плоская задача термоэлектромагнитоупругости для многосвязных сред // Прикладная механика. – 2009. – Т. 45, № 4. – С. 81–91.
2. Калоеров С. А., Глушанков Е. С. Действие линейного потока тепла в пьезопластинках с отверстиями и трещинами // Вестник Донец. нац. ун-та. Сер. А: Естеств. науки. – 2018. – № 1. – С. 15–26.
3. Форсайт Дж., Малькольм М., Моулер К. Машинные методы математических вычислений. – М.: Мир, 1980. – 280 с.

АНАЛИЗ МОДЕЛИ НЕЧЕТКОГО ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ ПОЛЫХ ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ИЗОТРОПНЫХ ЦИЛИНДРОВ

Митрушкин Е.И.¹, д-р техн. наук, проф.,

Номбре С.Б.², канд. физ.-мат. наук, доц.,

Сторожев С.В.², канд. экон. наук

¹ФГУП «Научно-исследовательский и экспериментальный институт автомобильной электроники и электрооборудования», г. Москва

²ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

Введение и актуальность рассматриваемой проблемы. Фундаментальная проблема анализа собственных частот упругих колебаний деформируемых тел и элементов конструкций в качестве одного из важнейших актуальных аспектов включает вопросы оценки значений резонансных частот в условиях неопределенности физико-механических и геометрических параметров рассматриваемых объектов. Данное соображение в полной мере касается вопросов анализа неопределенностей в теоретических моделях расчета частот резонансных колебаний толстостенных анизотропных цилиндрических конструкций, находящих самое широкое применение в современных поколениях машин и сооружений. В качестве факторов неопределенности, прежде всего, подлежат учету допускаемые разбросы в экспериментальных значениях упругих постоянных используемых анизотропных конструкционных материалов. В работах [1] в качестве одного из альтернативных подходов к исследованию эффектов влияния факторов неопределенности в моделях динамики деформируемых сред предлагается использование методов теории нечетких множеств [2].

Целью данного исследования в вышеописанном контексте является разработка и применение нечетко-множественной методики получения оценок неопределенности в результатах расчетов резонансных частот осесимметричных упругих колебаний полых трансверсально-изотропных цилиндров произвольной толщины при учете разбросов в значениях модулей упругости и плотности материалов, а также нечеткости параметра толщины стенки цилиндра. Рассматриваемый подход базируется на использовании модифицированного эвристического принципа обобщения [2, 3] для перехода к нечетким аргументам в аналитических расчетных соотношениях для исследуемых частот, получаемых в рамках пространственной детерминистической модели упругих колебаний рассматриваемого объекта.

Результаты исследований. При исследовании осесимметричных колебаний полого цилиндра концентрического кольцевого сечения

$S = \{R_1 \leq r \leq R_2, \theta \in [0, 2\pi]\}$ из трансверсально-изотропного материала с осью изотропии, ориентированной вдоль его оси Oz , в случае задания краевых условий закрепленной внутренней и внешней граничных поверхностей цилиндра рассматривается краевая задача

$$\begin{aligned} [c_{11}\partial_r^2 + c_{11}r^{-1}\partial_r - c_{11}r^{-2} + c_{44}\partial_z^2 - \rho\partial_t^2]\tilde{u}_r(r, z, t) + [(c_{13} + c_{44})\partial_r\partial_z]\tilde{u}_z(r, z, t) &= 0, \\ [(c_{13} + c_{44})\partial_r\partial_z + (c_{13} + c_{44})r^{-1}\partial_z]\tilde{u}_r(r, z, t) + [c_{44}\partial_r^2 + c_{44}r^{-1}\partial_r + c_{33}\partial_z^2 - \rho\partial_t^2]\tilde{u}_z(r, z, t) &= 0; \\ \tilde{u}_r(r, z, t) = u_r(r)\exp(-i\omega t), \quad \tilde{u}_z(r, z, t) = u_z(r)\exp(-i\omega t), \\ (u_r)_{r=R_1} = (u_z)_{r=R_1} = (u_r)_{r=R_2} = (u_z)_{r=R_2} &= 0, \end{aligned}$$

соотношения которой для рассматриваемого частного случая осесимметричных радиальных колебаний принимают вид

$$[c_{11}(r^2\partial_r^2 + r\partial_r - 1) + \rho\omega^2r^2]u_r(r) = 0, \quad (u_r)_{r=R_1} = (u_r)_{r=R_2} = 0.$$

Из представленных соотношений следует трансцендентное уравнение для определения анализируемых резонансных частот

$$J_1(\beta R_1)Y_1(\beta R_2) - J_1(\beta R_2)Y_1(\beta R_1) = 0,$$

в котором $\beta = \omega(\rho/c_{11})^{1/2}$. Численный анализ данного уравнения позволяет описать неявную функциональную зависимость для значений резонансных частот $\omega = F(c_{11}, \rho, R_1, R_2)$.

При дальнейшем исследовании рассматриваемой проблемы вводится гипотеза относительно описания неопределенных экзогенных параметров рассматриваемой модели c_{11} , ρ , R_j трапецеидальными нечеткими интервалами $\tilde{c}_{11}$, $\tilde{\rho}$, $\tilde{R}_j$ с кортежами реперных точек $(c_{11}^{(1)}, c_{11}^{(2)}, c_{11}^{(3)}, c_{11}^{(4)})$, $(\rho^{(1)}, \rho^{(2)}, \rho^{(3)}, \rho^{(4)})$, $(R_j^{(1)}, R_j^{(2)}, R_j^{(3)}, R_j^{(4)})$ и функциями принадлежности $\mu_{\tilde{c}_{11}}$, $\mu_{\tilde{\rho}}$, $\mu_{\tilde{R}_j}$. Для нечетко-интервальных экспериментальных значений $\tilde{c}_{11}$, $\tilde{\rho}$, $\tilde{R}_j$ вводятся представления в виде суперпозиций множеств α -срезов:

$$\begin{aligned} \tilde{c}_{11} &= \bigcup_{\alpha \in [0,1]} (\underline{c}_{11\alpha}, \bar{c}_{11\alpha}) = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} ((1-\alpha)c_{11}^{(1)} + \alpha c_{11}^{(2)}, \alpha c_{11}^{(3)} + (1-\alpha)c_{11}^{(4)}), \dots, \\ \tilde{R}_j &= \bigcup_{\alpha \in [0,1]} (\underline{R}_{j\alpha}, \bar{R}_{j\alpha}) = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} ((1-\alpha)R_j^{(1)} + \alpha R_j^{(2)}, \alpha R_j^{(3)} + (1-\alpha)R_j^{(4)}). \end{aligned}$$

Искомые нечеткие оценки $\tilde{\omega}$ резонансных частот также формируются в виде суперпозиций по множествам α -уровня $\tilde{\omega} = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} (\underline{\omega}_\alpha, \bar{\omega}_\alpha)$, где

$$\begin{aligned} \underline{\omega}_\alpha &= \{ \inf_{\substack{c_{11} \in (\underline{c}_{11\alpha}, \bar{c}_{11\alpha}) \\ \rho \in (\underline{\rho}_\alpha, \bar{\rho}_\alpha) \\ R_j \in (\underline{R}_{j\alpha}, \bar{R}_{j\alpha})}} F(c_{11}, \rho, R_j) \}, \quad \bar{\omega}_\alpha = \{ \sup_{\substack{c_{11} \in (\underline{c}_{11\alpha}, \bar{c}_{11\alpha}) \\ \rho \in (\underline{\rho}_\alpha, \bar{\rho}_\alpha) \\ R_j \in (\underline{R}_{j\alpha}, \bar{R}_{j\alpha})}} F(c_{11}, \rho, R_j) \} \end{aligned}$$

Осуществлен численный анализ полученных представлений для ряда конкретных вариантов задания нечетких экзогенных параметров модели.

Аналогичное исследование проведено также применительно к случаю цилиндра со свободной внутренней и внешней граничной поверхностью.

Заключение. Итогом проведенных исследований является теоретический алгоритм учета факторов неопределенности при оценках значений резонансных частот осесимметричных упругих колебаний полых трансверсально-изотропных цилиндров, базирующийся на методах теории нечетких множеств.

Список литературы

1. Сторожев В.И., Сторожев С.В. Нечетко-множественные оценки в моделях теории объемных волн деформаций // *Механика твердого тела*. – 2015. – Вып. 45. – С. 103–111.
2. Сторожев С.В., Номбре С.Б. Нечеткие оценки для характеристик нелинейных вторых гармоник объемных волн сдвига в трансверсально-изотропной упругой среде // *Вестник Донецкого национального университета. Серия А. Естественные науки*. – 2015. – №2. – С. 38 – 43.
3. Сторожев С.В. Нечеткие оценки для характеристик нормальных волн деформаций в поперечно-анизотропном упругом слое // *Современные проблемы механики сплошной среды: труды XVIII Международной конференции (Ростов-на-Дону, 7 – 10 ноября 2016 г.): в 2 т.* – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. – Т.2. – С. 200 – 204.
4. Storozhev S.V. Uncertainty in the models of the theory of volume elastic waves through the use of the theory of fuzzy sets // *Modeling and information technologies: selected papers of the international scientific school "Paradigma" (Summer-2015, Varna, Bulgaria)* / Compiling editor dr. sc., prof. O. Ja. Kravets. - Yelm, WA, USA: Science Book Publ. House, 2015. – P. 45 – 52.
5. Storozhev S.V. Fuzzy Evaluations for Kinematic Characteristics of Nonlinear Second Harmonics of Shear Waves in Transversely Isotropic Medium // *Nonlinear Dynamics – 2016. Proceedings of 5-th International Conference (September 27-30, 2016)* / National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute» at al. – Kharkov, 2016. – P. 509 – 514.
6. Дилигенский Н.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология / Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. – М.: Издательство Машиностроение-1, 2004. – 397 с.
7. Ротштейн А.П., Штовба С.Д., Козачко А.Н. Моделирование и оптимизация надежности многомерных алгоритмических процессов – Винница: УНІВЕРСУМ, 2007. – 215 с.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ НОРМАЛЬНЫХ ВОЛН В РАДИАЛЬНО НЕОДНОРОДНОМ КРУГОВОМ БИКЛИННОМ СОСТАВНОМ ЦИЛИНДРЕ ИЗ ДВУХ ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ИЗОТРОПНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Моисеенко И.А., канд. физ.-мат. наук, доцент,

Моисеенко В.А., канд. физ.-мат. наук, доцент,

Прийменко С.А., канд. физ.-мат. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет, г. Донецк

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства
и архитектуры», г. Макеевка

miamia733@mail.ru

Введение. Решение задачи о распространении нормальных упругих волн в трансверсально-изотропных цилиндрах секторного поперечного сечения сводится к решению системы обыкновенных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами. В случае однородного цилиндра эти уравнения разрешимы через цилиндрические функции, что становится невозможным при переходе к рассмотрению функционально-градиентных материалов.

Обзор результатов различных исследований, проведенных в последние годы с конструкциями в виде плит и цилиндров из функционально градиентных материалов, представлен в [1–2]. Анализ состояния проблемы учета факторов сложных физико-механических свойств материала и наличия негладких участков граничной поверхности в задачах статики, вибрационного деформирования и распространения волн дается в [3].

Для построения решений системы дифференциальных уравнений волновой динамики в случае функционально градиентных материалов плодотворным оказался подход, основанный на задании специального вида функционального закона радиального изменения физико-механических характеристик материала волновода. В рамках данного подхода для случая экспоненциально степенного закона радиальной неоднородности трансверсально-изотропного материала волновода в аналитическом виде построены общие решения уравнений модели, с помощью которых исследованы эффекты влияния угловой меры секторного сечения и параметров неоднородности материала на топологию дисперсионных спектров, фазовых и групповых скоростей бегущих нормальных волн в протяженных цилиндрах со свободным либо жестко закрепленным цилиндрическим участком и покрытыми абсолютно гибкой нерастяжимой пленкой радиальными участками граничной поверхности [4]; со свободной либо жестко закрепленной граничной поверхностью [5]. В данном

исследовании указанная методика построения общих аналитических решений внутреннего типа системы дифференциальных уравнений модели в клиновидной области применена для построения решений вспомогательных спектральных задач, линейная комбинация которых обеспечивает постановку и решение целевой дисперсионной задачи.

Актуальность исследования связана с тем, что упругие тела цилиндрической геометрии представляют собой важнейший по фундаментальной и прикладной значимости класс объектов математического моделирования в волновой механике деформируемых сред. Наличие открытых неисследованных вопросов волновой динамики цилиндрических тел связано как со сложностями теоретического анализа многих типов ранее сформулированных задач данного класса, так и с появлением новых вариантов их постановки в контексте современных запросов инновационных научно-технических отраслей и достижений в технологиях изготовления и обработки новых конструкционных материалов, в том числе формируемых методами 3D печати. В частности, актуальным элементом неклассической постановки проблем волновой механики цилиндрических деформируемых тел является учет определенных типов анизотропии механических свойств материалов; учет непрерывной неоднородности их физико-механических свойств; учет неканонической геометрии сечений рассматриваемых объектов.

Целью настоящего исследования является разработка и обобщение результатов реализации теоретических численно-аналитических методов решения неклассических пространственных задач волновой механики протяженных деформируемых цилиндрических тел с усложненными геометрическими и физико-механическими свойствами.

Результат. В данном исследовании решается задача о распространении нормальных волн в протяженном составном волноводе, поперечное сечение которого имеет форму круга, разделенного на два сектора. Материал каждого из клиновидных составляющих волновода является трансверсально-изотропным, ось анизотропии материала совпадает с образующей соответствующей клиновидной области. Полагается, что материал является функционально-неоднородным в радиальном направлении, а его модули упругости и плотность подчиняются единому экспоненциально степенному закону. Процесс распространения волн описывается полной системой уравнений линейной динамической теории упругости (далее Система). На основе построенных в аналитическом виде частных решений Системы в соответствующей клиновидной области, не порождающих сингулярности в поле перемещений на ребре, ставятся и решаются две спектральные задачи: построить для каждого из двух типов симметрии относительно биссекторной полуплоскости волновых движений множества решений Системы, удовлетворяющие условиям неразрывного контакта на

радиальных участках граничной поверхности клиновидных составляющих волновода. Из предельных требований выполнения указанных условий сопряжения на оси цилиндра получаются два уравнения для определения собственных значений. Установлено, что одно из них совпадает с уравнением для определения собственных значений при плоской деформации составного протяженного кругового цилиндра биклининой геометрии в задаче статики. При этом второе уравнение соответствующего аналога в статическом случае не имеет. Для найденных множеств собственных значений построены векторные собственные функции спектральной задачи и исследованы их асимптотические свойства.

На основе свойства трехкратной полноты построенного множества векторных собственных функций соответствующей спектральной задачи, интегральным методом наименьших квадратов получены и исследованы дисперсионные соотношения для нормальных волн в протяженных цилиндрах исследуемого геометрического строения с радиальной неоднородностью экспоненциально степенного типа трансверсально-изотропного материала его составных частей для случаев свободной и жестко закрепленной граничной поверхности волновода.

Заключение. С использованием построенных решений изучены эффекты влияния параметров радиальной неоднородности и угловой меры секторных составляющих в поперечном сечении цилиндра на топологию дисперсионных спектров, энергетические и кинематические характеристики волновых процессов. Полученные результаты могут быть использованы в прикладных исследованиях, связанных с расчетами характеристик волноводных компонентов акустоэлектронных устройств, анализа моделей ультразвуковой диагностики.

Список литературы

1. Swaminathan K. Stress, vibration and buckling analyses of FGM plates – A state-of-the-art review / K. Swaminathan, D.T. Naveenkumar, A.M. Zenkour, E. Carrera. // *Composite Structures*. – 2015. – № 120. – P. 10-31.
2. Dai H.-L. A review of recent researches on FGM cylindrical structures under coupled physical interactions, 2000–2015 / H.-L. Dai, Y.-N. Rao, T. Dai. // *Composite Structures*. – 2016. – № 152. – P. 199-225.
3. Вовк Л. П. Проблемы анализа прочности неоднородных деталей сложной внутренней структуры / Л.П. Вовк // *Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: науково-виробничий збірник*. – 2013. – № 1(16). – С. 13-66.
4. Моисеенко И.А. Спектры нормальных упругих волн в трансверсально изотропных волноводах секторного сечения с функционально-градиентной радиальной неоднородностью / И.А. Моисеенко // *Труды ИПММ*. – 2015. – Т. 11. – С. 100-113.
5. Моисеенко И.А. Распространение волн в анизотропных неоднородных цилиндрах секторного сечения со свободной или жестко закрепленной граничной поверхностью / И.А. Моисеенко, Е.С. Кисель // *Вестн. Донецкого нац. ун-та. Сер. А: Естеств. науки*. – 2018. – № 2. – С. 36-53.

ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТОНКИХ СФЕРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ПРИ ДЕЙСТВИИ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Нагорная Р.М., канд. физ.-мат. наук,
Цванг В.А., канд. физ.-мат. наук, доцент
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
vatsvang@gmail.com

Данная работа посвящена разработке аналитического метода построения фундаментальных решений динамической теории тонких пологих сферических оболочек на основе метода интегральных преобразований Фурье-Лапласа и исследованию их напряженного состояния в начальные моменты времени на действие сосредоточенных динамических нагрузок.

В качестве исходных используются уравнения линейной теории тонких оболочек. Рассматриваются задачи о локальных напряженно-деформированных состояниях оболочек, существенных лишь в некоторой малой зоне и быстро убывающих по мере удаления от нее.

Разработана методика обращения интегральных преобразований Фурье и Лапласа, позволяющая получать фундаментальные решения в замкнутом виде и основанная на введении новой специальной функции гипергеометрического типа. Фундаментальные решения представлены в виде рядов по введенной специальной функции, получены асимптотики фундаментальных решений для начальных моментов времени, в начале координат и на бесконечности.

Полученные формулы для компонент тензора фундаментальных решений, а также их асимптотические представления использованы для проведения численного исследования начальной реакции изотропной оболочки на действие сосредоточенных динамических нагрузок.

Аналитические и численные исследования показали, что для задач о сосредоточенных воздействиях характерна локальность НДС и симметрия его относительно точки приложения нагрузки. Отмечено влияние параметра кривизны оболочки, как на величину, так и на характер концентрирования напряжений для каждого момента времени вблизи точки нагружения и незначительность его с удалением от точки приложения нагрузки. В начальные моменты времени влияние параметра кривизны незначительно, а с течением времени "эффект" кривизны усиливается. Указаны интервалы применения для инженерных расчетов асимптотических формул. Сравнение полученных результатов с известными для частных случаев демонстрирует эффективность предлагаемых алгоритмов и возможность их применения в инженерной практике.

ОБ ОДНОМ ВАРИАНТЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УТОЧНЕННОЙ ТЕОРИИ ИЗГИБА ОРТОТРОПНЫХ ПЛИТ

Нескородев Р.Н., канд. физ.-мат. наук, доцент
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
nromn72@gmail.com

Введение. В работах [1, 2] была предложена методика решения задач изгиба изотропных и трансверсально-изотропных плит, основывающаяся на сравнении выражений для касательных напряжений τ_{xz} и τ_{yz} , заданных различными формулами [3]. В этих задачах система дифференциальных уравнений состоит из бигармонического и метагармонического уравнений, что позволяет ставить краевые задачи с тремя граничными условиями.

В данной работе получено дифференциальное уравнение шестого порядка теории изгиба ортотропных плит. Это уравнение не разделяется на два независимых уравнения четвертого и второго порядков, поэтому при помощи метода малого параметра предложен способ такого разделения. Решение полученных уравнений основано на использовании функций обобщенных комплексных переменных. Численные исследования проведены для бесконечной плиты, ослабленной эллиптической полостью.

1. Основные соотношения уточненной теории изгиба ортотропных плит. Рассматривается изгиб ортотропной плиты, имеющей толщину $2h$ и отнесенную к декартовой системе координат $Oxyz$. Представление для перемещений выбираются в виде

$$u_1 = p_1 \partial_1 \varphi_1(x, y), \quad u_2 = p_1 \partial_2 \varphi_2(x, y), \quad u_3 = w_0(x, y) + p_2 w(x, y). \quad (1)$$

Уравнения закона Гука дают выражения для напряжений в форме

$$\sigma_i = p_1 \left(A_{i1} \partial_1^2 \varphi_1 + A_{i2} \partial_2^2 \varphi_2 + A_{i3} w \right) \quad (i = \overline{1, 3}), \quad \sigma_6 = p_1 A_{66} \partial_1 \partial_2 (\varphi_1 + \varphi_2); \quad (2)$$

$$\sigma_5 = A_{55} (\partial_1 w_0 + p_2 \partial_1 w + p_0 \partial_1 \varphi_1), \quad \sigma_4 = A_{44} (\partial_2 w_0 + p_2 \partial_2 w + p_0 \partial_2 \varphi_2). \quad (3)$$

Здесь введена нечетная по переменной z функция $p_1(z)$, характеризующая распределение усилий по толщине плиты, ее производная p_0 и интеграл p_2 . Выражения для напряжений σ_5 , σ_4 и σ_3 можно также найти удовлетворяя уравнениям равновесия

$$\sigma_5 = [p_2(h) - p_2(z)] S_5, \quad \sigma_4 = [p_2(h) - p_2(z)] S_4, \quad \sigma_3 = [p_3(z) - p_2(h)z] S_3, \quad (4)$$

где $S_5 = \partial_1 \left[(A_{11} \partial_1^2 + A_{66} \partial_2^2) \varphi_1 + (A_{12} + A_{66}) \partial_2^2 \varphi_2 + A_{13} w \right],$
 $S_4 = \partial_2 \left[(A_{12} + A_{66}) \partial_1^2 \varphi_1 + (A_{66} \partial_1^2 + A_{22} \partial_2^2) \varphi_2 + A_{23} w \right], \quad S_3 = \partial_1 S_5 + \partial_2 S_4.$

Однако, представления (4) не совпадают с соотношениями (3). Корректный результат получается для поперечных усилий. Для построения системы дифференциальных уравнений, описывающих изгиб плит, полагаем:

1. Как и в теории Кирхгофа, поперечное нормальное напряжение σ_3 равно нулю;

2. Поперечные усилия, полученные интегрированием соотношений (3) и (4), равны.

Реализация этих предположений приводит к следующему уравнению

$$(D_4 L_2 - \lambda^2 P_4) \Phi = 0. \quad (6)$$

Здесь введена произвольная функция $\Phi(x, y)$ и операторы

$$D_4 = \partial_2^4 + q_0 \partial_2^2 \partial_1^2 + q_2 \partial_1^4, \quad P_4 = \partial_2^4 + q_1 \partial_2^2 \partial_1^2 + q_2 \partial_1^4, \quad L_2 = \partial_2^2 + q_3 \partial_1^2.$$

Постоянные величины q_i , входящие в операторы выражаются через модули упругости A_{ij} . Функции, определяющие перемещения и напряжения, находятся через $\Phi(x, y)$ и ее производные.

Если вдали от полости приложены изгибающие усилия $\sigma_x^0 = pp_1(z)$, $\sigma_y^0 = qp_1(z)$, $\tau_{xy}^0 = tp_1(z)$, а поверхность полости свободна от нагружения, то функция $\Phi(x, y)$ должна удовлетворять граничным условиям

$$\begin{aligned} 2(q_2 \partial_1^2 + q_0 \partial_2^2) \partial_1 \Phi &= \int_0^s (pn_1 + tn_2) ds + c_1, \\ 2(q_0 \partial_1^2 + \partial_2^2) \partial_2 \Phi &= \int_0^s (tn_1 + qn_2) ds + c_2, \quad D_4 \Phi = 0. \end{aligned} \quad (7)$$

2. Решение дифференциального уравнения (6). Представления общего решения уравнения (6) найти не удастся. В случае, когда плита изготовлена из изотропного или трансверсально-изотропного материала, операторы P_4 и D_4 становятся бигармоническими. Уравнение (6) в этом случае распадается на основное бигармоническое уравнение и уравнение Гельмгольца, которое относится к типу краевого эффекта. Здесь предлагается для случая тонких плит осуществить разделение данного уравнения на основное уравнение четвертого порядка и уравнение типа Гельмгольца. Для этого воспользуемся методом штрафов [4]. Этот метод в применении к уравнению (6) состоит в замене оператора D_4 на P_4 . Это достигается путем добавления к уравнению дополнительного слагаемого, умноженного на малый параметр. Параметр $\lambda^2 = A_{55}k_0 / (A_{66}k_2)$ имеет порядок h^{-2} и для малых толщин плиты этот параметр может быть сколь угодно большим. Тогда малый параметр $1/\lambda^2$ будет при операторе шестого

порядка. Добавление к уравнению (6) малой величины $\lambda^{-2} 2D_2(q_1 - q_0) \partial_1^2 \partial_2^2 \Phi$ приводит его к виду

$$P_4(L_2 - \lambda^2) \Phi = 0. \quad (8)$$

Общим решением этого уравнения является функция

$$\Phi = 2 \operatorname{Re} \left[\phi_1 + \phi_2 + \left(\phi_3 + \omega r_1 \phi_3' + \omega^2 / 2 r_2 \phi_3'' \right) \exp(\alpha \omega) \right], \quad (9)$$

где $\phi_j(z_j)$ – функции обобщенных комплексных переменных $z_j = x + \mu_j y$; параметры μ_1 и μ_2 являются корнями характеристического уравнения

$$P_4(\mu) = \mu^4 + 2q_1\mu^2 + q_2 = 0;$$

$\mu_3 = i\sqrt{q_3}$; ω – уравнение границы области, удовлетворяющее условию $\omega_2^2 + q_3\omega_1^2 = 1$ на границе, $\omega_1 = \partial_1 \omega$, $\omega_2 = \partial_2 \omega$; $r_1 = -(\omega_2 \mu_3 + q_3 \omega_1)$, $r_2 = 2r_1^2$; $\alpha = \pm \lambda$.

Функции $\phi_j(z_j)$ находятся из граничных условий (7).

3. Анализ численных результатов. Напряженное состояние исследовалось вблизи эллиптической полости для разных случаев нагружения плиты ($\sigma_x^0 = pz/h$, $\sigma_y^0 = qz/h$, $\tau_{xy}^0 = tz/h$), различных материалов, толщин и отношений полуосей эллипса. Полученные для круговой полости результаты в случае изотропного и трансверсально-изотропного материалов совпали с результатами, полученными ранее другими методами.

Исследования для ортотропной плиты позволяют сделать следующие выводы: наличие в материале плиты ортотропных свойств приводит к увеличению концентрации напряжений вблизи полости; напряжения σ_θ для тонких плит совпадают с напряжениями, полученными по прикладной теории; с уменьшением толщины касательные напряжения $\tau_{z\theta}$ растут, стремясь к некоторому конечному значению и в некоторых случаях могут составлять до 75 % от максимальных значений напряжений σ_θ ; с увеличением толщины плиты эти напряжения стремятся к нулю.

Список литературы

1. Нескороев Р.Н. Представление решения уточненной теории изгиба изотропных плит // Известия РАН. Механика твердого тела. – 2014. – № 4. – С. 65-73.
2. Шевченко В.П., Нескороев Р.Н. Об одном варианте уточненной теории изгиба трансверсально-изотропных плит // Доповіді НАН України. – 2013. – № 3. – С. 50-57.
3. Васильев В.В. Классическая теория пластин - история и современный анализ // Известия РАН. Механика твердого тела. – 1998. – № 3. – С. 46-58.
4. Марчук Г.И., Агошков В.И. Введение в проекционно-сеточные методы. – М.: Наука, 1981. – 416 с.

НЕЧЕТКИЕ ОЦЕНКИ В МОДЕЛИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ИЗГИБАЕМЫХ ТОНКИХ ПЛИТ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ОЧЕРТАНИЯ

Прийменко С.А.¹, канд. физ.-мат. наук, доц.,

Номбре С.Б.², канд. физ.-мат. наук, доц.,

Сторожев С.В.², канд. экон. наук,

¹ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

²ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», Макеевка

Введение и актуальность рассматриваемой проблемы. Проблема исследования напряженно-деформированного состояния изгибаемых тонких анизотропных плит в рамках прикладных моделей в качестве одного из актуальных аспектов включает задачу оценки количественных показателей влияния неопределенности исходных параметров на эндогенные расчетные характеристики. В качестве факторов неопределенности для изгибаемых плит эллиптического очертания в этом случае выступают разбросы экспериментальных значений упругих постоянных конструкционных материалов пластин и отклонения для величин геометрических параметров в виде эксцентриситета граничного контура. Альтернативными подходами при исследованиях влияния факторов неопределенности экзогенных параметров для рассматриваемого класса задач являются методы теории вероятностей [1], а также методы теории нечетких множеств [2]. Методология использования нечетко-множественных подходов в моделях механики деформируемого твердого тела изложена в публикации [3].

Целью представляемого исследования является разработка и применение нечетко-множественной методики получения оценок для разбросов в результатах расчетов характеристик напряженно-деформированного состояния односвязных тонких ортотропных изгибаемых плит эллиптической формы, обусловленных неопределенностью в исходных значениях физико-механических и геометрических экзогенных параметров.

Предлагаемый подход связан с использованием модифицированного эвристического принципа обобщения [2, 3] при переходе к нечетким аргументам в аналитических расчетных соотношениях, связывающих величины изгибающих и крутящих моментов в точках изгибаемой плиты с ее механическим и геометрическими характеристиками.

Результаты исследований. Разработка нечетко-множественной методики учета факторов разброса механических и геометрических характеристик осуществлена применительно к двум типам задач – задачам

изгиба сплошных тонких ортотропных эллиптических плит равномерно распределенными по контуру изгибающими моментами интенсивности M_0 и задачам об изгибе плит данного типа с жестко защемленным граничным контуром под действием равномерно распределенного давления сверху интенсивности Q_0 .

Применительно к задачам первого типа используются аналитические представления вида

$$M_{11} = -2\operatorname{Re}(p_1\tilde{a}_{11}R_{10}^{-1} + p_2\tilde{a}_{21}R_{20}^{-1}), \quad M_{22} = -2\operatorname{Re}(q_1\tilde{a}_{11}R_{10}^{-1} + q_2\tilde{a}_{21}R_{20}^{-1}), \quad (1)$$

$$M_{12} = -2\operatorname{Re}(r_1\tilde{a}_{11}R_{10}^{-1} + r_2\tilde{a}_{21}R_{20}^{-1})$$

для характеристик напряженного состояния плит с отнесенной к прямоугольным координатам Ox_1x_2 срединной плоскостью, в которых

$$p_k = D_{11} + D_{12}\mu_k^2, \quad q_k = D_{12} + D_{22}\mu_k^2, \quad r_k = 2D_{66}\mu_k, \quad R_{k0} = (a_0 - i\mu_k b_0)/2,$$

$$m_{k0} = (a_0 + i\mu_k b_0)/(2R_{k0}),$$

μ_k – корни характеристического уравнения $D_{22}\mu^4 + 2(D_{12} + 2D_{66})\mu^2 + D_{11} = 0$ соответственно имеющие аналитические представления

$$\mu_k = \pm[-(D_{12} + 2D_{66}) + (-1)^k((D_{12} + 2D_{66})^2 - D_{11}D_{22})^{1/2}]^{1/2}, \quad \operatorname{Im}[\mu_k] > 0,$$

a_0, b_0 – полуоси эллиптического контура пластины. Коэффициенты характеристического уравнения и соотношения для характеристик напряженного состояния плиты толщины $2h$ содержат параметры изгибных жесткостей $D_{ij} = (2h^3/3)b_{ij}$, где $b_{11} = a_{22}a_{66}\Delta^{-1}$, $b_{12} = -a_{12}a_{66}\Delta^{-1}$, $b_{22} = a_{11}a_{66}\Delta^{-1}$, $b_{66} = (a_{11}a_{22} - a_{12}^2)\Delta^{-1}$, $b_{11} = a_{22}a_{66}\Delta^{-1}$, $\Delta = (a_{11}a_{22} - a_{12}^2)a_{66}$, а величины a_{ij} альтернативно выражаются через технические упругие постоянные ортотропного материала пластины в виде модулей Юнга, модулей сдвига и коэффициентов Пуассона. Величины $\tilde{a}_{11}, \tilde{a}_{21}$ в выражениях (1) определяются из алгебраических уравнений

$$(p_1 m_{10} \mu_1^{-1})\tilde{a}_{11} + (\bar{p}_1 \bar{\mu}_1^{-1})\bar{\tilde{a}}_{11} + (p_2 m_{20} \mu_2^{-1})\tilde{a}_{21} + (\bar{p}_2 \bar{\mu}_2^{-1})\bar{\tilde{a}}_{21} = -iM_0 b_0 / 2, \quad (2)$$

$$(q_1 m_{10})\tilde{a}_{11} + (\bar{q}_1)\bar{\tilde{a}}_{11} + (q_2 m_{20})\tilde{a}_{21} + (\bar{q}_2)\bar{\tilde{a}}_{21} = -M_0 a_0 / 2.$$

Таким образом, в итоге соотношения (1) можно интерпретировать как неявные аналитические функциональные зависимости для определения характеристик напряженного состояния $M_{ij}(M_0, a, b, h, E_1, E_2, G_{12}, \nu_{21})$ через эндогенные параметры рассматриваемого варианта задач, часть которых либо всю их совокупность можно рассматривать как неопределенные величины, характеризующиеся определенными разбросами в значениях.

Полагается, что характер разброса измерений позволяет описывать эти неопределенные экзогенные параметры трапецеидальными нечеткими интервалами $\tilde{M}_0, \tilde{a}, \tilde{b}, \tilde{h}, \tilde{E}_1, \tilde{E}_2, \tilde{G}_{12}, \tilde{\nu}_{21}$ с кортежами реперных точек

$(M_0^{(1)}, M_0^{(2)}, M_0^{(3)}, M_0^{(4)}), (a^{(1)}, a^{(2)}, a^{(3)}, a^{(4)}), \dots, (v_{21}^{(1)}, v_{21}^{(2)}, v_{21}^{(3)}, v_{21}^{(4)})$ и функциями принадлежности $\mu_{\tilde{M}_0}, \mu_{\tilde{a}}, \dots, \mu_{\tilde{v}_{21}}$. Для нечетко-интервальных экспериментальных значений экзогенных параметров модели $\tilde{M}_0, \tilde{a}, \dots, \tilde{v}_{21}$ вводятся представления в виде суперпозиций множеств α -срезов:

$$\begin{aligned}\tilde{M}_0 &= \bigcup_{\alpha \in [0,1]} (\underline{M}_{0\alpha}, \overline{M}_{0\alpha}) = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} ((1-\alpha)M_0^{(1)} + M_0^{(2)}, \alpha M_0^{(3)} + (1-\alpha)M_0^{(4)}), \dots, \\ \tilde{v}_{21} &= \bigcup_{\alpha \in [0,1]} (\underline{v}_{21\alpha}, \overline{v}_{21\alpha}) = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} ((1-\alpha)v_{21}^{(1)} + \alpha v_{21}^{(2)}, \alpha v_{21}^{(3)} + (1-\alpha)v_{21}^{(4)}).\end{aligned}$$

Искомые нечеткие оценки $\tilde{M}_{ij}$ также формируются в виде суперпозиций по множествам α -уровня $\tilde{M}_{ij} = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} (\underline{M}_{ij\alpha}, \overline{M}_{ij\alpha})$, где

$$\begin{aligned}\underline{M}_{ij\alpha} &= \left\{ \inf_{\substack{M_0 \in (\underline{M}_{0\alpha}, \overline{M}_{0\alpha}) \\ a \in (\underline{a}_\alpha, \overline{a}_\alpha) \\ b \in (\underline{b}_\alpha, \overline{b}_\alpha) \\ h \in (\underline{h}_\alpha, \overline{h}_\alpha) \\ E_j \in (\underline{E}_{j\alpha}, \overline{E}_{j\alpha}) \\ G_{12} \in (\underline{G}_{12\alpha}, \overline{G}_{12\alpha}) \\ v_{21} \in (\underline{v}_{21\alpha}, \overline{v}_{21\alpha})}} M_{ij}(M_0, a, b, h, E_1, E_2, G_{12}, v_{21}) \right\}, \\ \overline{M}_{ij\alpha} &= \left\{ \sup_{\substack{M_0 \in (\underline{M}_{0\alpha}, \overline{M}_{0\alpha}) \\ a \in (\underline{a}_\alpha, \overline{a}_\alpha) \\ b \in (\underline{b}_\alpha, \overline{b}_\alpha) \\ h \in (\underline{h}_\alpha, \overline{h}_\alpha) \\ E_j \in (\underline{E}_{j\alpha}, \overline{E}_{j\alpha}) \\ G_{12} \in (\underline{G}_{12\alpha}, \overline{G}_{12\alpha}) \\ v_{21} \in (\underline{v}_{21\alpha}, \overline{v}_{21\alpha})}} M_{ij}(M_0, a, b, h, E_1, E_2, G_{12}, v_{21}) \right\}\end{aligned} \quad (3)$$

Аналогичный алгоритм построен и применительно ко второму варианту рассматриваемой задачи. Рассмотрены примеры численной реализации описанных алгоритмов.

Заключение. Итогом проведенных исследований является теоретический алгоритм учета факторов неопределенности при описании напряженного состояния изгибаемых ортотропных плит эллиптического очертания с разбросом экспериментальных значений упругих постоянных и параметра геометрии в виде эксцентриситета граничного контура.

Список литературы

1. Ломакин В.А. Статистические задачи механики твердых деформируемых тел. – М.: Наука, 1970. – 139 с.
2. Ротштейн А.П., Штовба С.Д., Козачко А.Н. Моделирование и оптимизация надежности многомерных алгоритмических процессов – Винница: УНІВЕРСУМ, 2007. – 215 с.
3. Сторожев С.В., Номбре С.Б., Прийменко С.А. Алгоритмы применения аппарата нечетких вычислений для учета факторов неопределенности в задачах волновой механики электроупругих сред // Журнал теоретической и прикладной механики. – 2017. – № 2 (59) – С. 38 - 44.

НЕЛИНЕЙНЫЕ АНГАРМОНИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ УПРУГИХ ВОЛН В ТРАНСВЕРСАЛЬНО- ИЗОТРОПНЫХ ЦИЛИНДРАХ СО СКОЛЬЗЯЩЕЙ ЗАДЕЛКОЙ ГРАНИЧНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Сидаш О.Ю.,

Сторожев В.И., д-р техн. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк.

Введение и актуальность рассматриваемой проблемы. К числу неисследованных актуальных задач волновой механики деформируемых сред на сегодняшний день, с учетом важных приложений в акустоэлектронике и технологиях неразрушающего ультразвукового контроля, принадлежит проблема анализа малых нелинейных ангармонических эффектов при распространении нормальных упругих волн в трансверсально-изотропных цилиндрических телах пространственной геометрии с различными типами краевых условий на боковой поверхности. Ряд вариантов данной проблемы рассмотрен в работах [1, 2] применительно к случаям свободных, закрепленных и имеющих гибкие нерастяжимые покрытия граничных поверхностей цилиндров.

Целью представляемого исследования является разработка модифицированного теоретического алгоритма получения аналитических представлений для комплексных амплитудных функций нелинейных волновых упругих перемещений во вторых гармониках монохроматических нормальных волн кручения для рассматриваемых трансверсально-изотропных цилиндрических волноводов с проскальзывающим закреплением граничной поверхности.

Результаты исследования. Исследование базируется на применении разработанной и апробированной в [1, 2] методологии определения малых нелинейных ангармонических возмущений для линейных гармонических упругих волн малой интенсивности, распространяющихся в деформируемых телах с высокой жесткостью. Полагается, что компоненты вектора волновых упругих перемещений u_α ($\alpha = r, \theta, z$) в цилиндрических координатах отнесены к нормирующему параметру вида $u_* = \max_{\{r, \theta, z, t, \alpha\}} |\tilde{u}_\alpha(r, \theta, z, t)|$ с линейной размерностью, а отношение $\delta = u_*/R_*$ согласно гипотезе о малости исследуемых нелинейных волновых эффектов интерпретируется как малый параметр $\delta \ll 1$. Для функций волновых упругих перемещений u_α ($\alpha = r, \theta, z$) вводятся представления в виде разложений по степеням малого параметра

$u_\alpha = u_\alpha^{(l)} + \delta u_\alpha^{(n)} \quad (\alpha = r, \theta, z)$. Соответствующие такому варианту представления u_α являются суммами линейных и квадратичных членов по степеням параметра δ

$$\sigma_{\alpha\beta}(u_\alpha) = \sigma_{\alpha\beta}^{(l)}(u_\alpha^{(l)})\delta + \left(\sigma_{\alpha\beta}^{(l)}(u_\alpha^{(n)}) + \sigma_{\alpha\beta}^{(n)}(u_\alpha^{(l)})\right)\delta^2 \quad (\alpha, \beta = r, \theta, z)$$

Используемая модель нелинейного волнового деформирования цилиндра базируется на тензорной форме упругого потенциала с квадратичными и кубическими членами по конечным деформациям. Это позволяет корректно определить только два низших слагаемых в представлениях волновых перемещений рядами по степеням δ . Подстановка общих представлений для компонентов тензора напряжений $\sigma_{\alpha\beta}(u_\alpha)$ в виде сумм линейных и квадратичных членов по степеням параметра δ в уравнения движения и граничные условия на боковой поверхности цилиндра с приравниванием слагаемых одинакового порядка малости по степеням δ приводит к рекуррентной последовательности краевых задач определения амплитудных составляющих для комплексных функций перемещений $u_\alpha^{(l)}$ и $u_\alpha^{(n)}$. Для монохроматических осесимметричных нормальных волн

$$u_\theta^{(l)} = u_\theta^{(0,l)}(r) \exp(-i(\omega t - kz)), \quad u_r^{(l)} = u_z^{(l)} = 0, \\ u_\alpha^{(n)} = u_\alpha^{(0,n)}(r) \exp(-2i(\omega t - kz)) \quad (\alpha = r, \theta, z)$$

задача сводится к последовательному нахождению амплитудных составляющих $u_\theta^{(0,l)}(r)$, $u_\alpha^{(0,n)}(r)$ из граничной задачи первого линейного приближения относительно $u_\theta^{(0,l)}(r)$ для уравнения

$$r^2 \left(u_\theta^{(0,l)}\right)'' + r \left(u_\theta^{(0,l)}\right)' + \left((\beta r)^2 - 1\right) u_\theta^{(0,l)} = 0$$

с краевым условием $\sigma_{r\theta}(u_\theta^{(0,l)}(1)) = 0$. Граничная задача второго нелинейного приближения относительно $u_\alpha^{(0,n)}(r)$ ($\alpha = r, z$) формулируется для системы уравнений вида

$$\begin{aligned} & \left(\Delta_{11}^{(1)} + \Delta_{12}^{(1)} r^{-2}\right) u_r^{(0,n)} + \Delta_{13}^{(1)} r^{-1} \left(u_r^{(0,n)}\right)' + \Delta_{14}^{(1)} \left(u_z^{(0,n)}\right)' + \Delta_{15}^{(1)} \left(u_r^{(0,n)}\right)'' = \\ & = \frac{\Delta_1^{n1}}{r^3} u_\theta^{(0,l)2} + \frac{\Delta_2^{n1}}{r} u_\theta^{(0,l)2} + \Delta_3^{n1} u_\theta \frac{\partial u_\theta}{\partial r} + \frac{\Delta_4^{n1}}{r^2} u_\theta \frac{\partial u_\theta}{\partial r} + \frac{\Delta_5^{n1}}{r} \left(\frac{\partial u_\theta}{\partial r}\right)^2 + \frac{\Delta_6^{n1}}{r} u_\theta \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial r^2} + \Delta_7^{n1} \frac{\partial u_\theta}{\partial r} \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial r^2} \\ & \Delta_{21}^{(1)} u_z^{(0,n)} + \Delta_{22}^{(1)} r^{-1} u_r^{(0,n)} + \Delta_{23}^{(1)} \left(u_r^{(0,n)}\right)' + \Delta_{24}^{(1)} r^{-1} \left(u_z^{(0,n)}\right)' + \Delta_{25}^{(1)} \left(u_z^{(0,n)}\right)'' = \\ & = \Delta_1^{n2} u_\theta^{(0,l)2} + \frac{\Delta_2^{n2}}{r^2} u_\theta^{(0,l)2} + \frac{\Delta_3^{n2}}{r} u_\theta \frac{\partial u_\theta}{\partial r} + \Delta_4^{n2} \left(\frac{\partial u_\theta}{\partial r}\right)^2 + \Delta_5^{n2} u_\theta \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial r^2}. \end{aligned}$$

с краевыми условиями $u_r^{(0,n)}(1) = 0$, $\left(\sigma_{r\alpha}^{(n)}(u_\theta^{(0,l)})\right)_{r=1} + \left(\sigma_{r\alpha}^{(l)}(u_r^{(0,n)}, u_z^{(0,n)})\right)_{r=1} = 0$

($\alpha = z$). Базисные решения задачи первого приближения, описывающей моды крутильных волн с номером p в рассматриваемом цилиндре, имеют вид $u_\theta^{(0,l)}(r) = u^{(0)} \beta_p^* J_1(\beta_p^* r)$, где $\beta_p^* (p = \overline{1, \infty})$ – корни трансцендентного дисперсионного уравнения $\beta^* J_0(\beta^*) - 2J_1(\beta^*) = 0$. Решение задачи второго приближения получено в виде

$$u_r^{(n)} = \left(-D_1 \xi_1 J_1(\xi_1 r) - D_2 \xi_2 J_1(\xi_2 r) + \left(u^{(0)}\right)^2 F_1(r) \right) Q(t, z),$$

$$u_z^{(n)} = \left(D_1 \eta_1 J_0(\xi_1 r) + D_2 \eta_2 J_0(\xi_2 r) + \left(u^{(0)}\right)^2 F_2(r) \right) Q(t, z),$$

где $F_j(r)$ – частные решения системы уравнений (7.9) в виде рядов

$F_1(r) = \sum_{p=1}^{\infty} a_p r^p$, $F_2(r) = \sum_{p=1}^{\infty} b_p r^p$ с коэффициентами, определяемыми из

рекуррентных формул $a_1 = 0$, $a_2 = 0$, $b_1 = 0$, $b_2 = 0$;

$$a_i = \frac{\alpha_i - \Delta_1^l a_{i-2} - \Delta_4^l b_{i-1}(i-2)}{\Delta_2^l + \Delta_3^l(i-1) + \Delta_5^l(i-1)(i-2)}, \quad b_i = \frac{\beta_{i-1} - \Delta_1^{l2} b_{i-2} - (\Delta_2^{l2} + \Delta_3^{l2}(i-2)) a_{i-1}}{\Delta_4^{l2}(i-1) + \Delta_5^{l2}(i-1)(i-2)}, \quad i = \overline{3, \infty}$$

На заключительном этапе из краевых условий второго приближения определяются выражения для коэффициентов D_j .

Заключение. В результате проведенных исследований построено аналитическое решение неоднородной краевой задачи определения вторых гармоник нормальных волн кручения в трансверсально-изотропном цилиндре волноводе с проскальзывающим закреплением границы.

Список литературы

1. Moiseyenko Igor A. Kinematic Characteristics of Nonlinear Second Harmonic for Guided Torsion Elastic Waves in Transversely Isotropic Cylinder / Igor A. Moiseyenko, Valeriy I. Storozhev, Oksana Yu. Sidash. // Nonlinear Dynamics – 2016: Proceedings of 5-th International conference. / National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute» at al. – Kharkov, 2016. – P. 457-464.
2. Моисеенко И.А. Анализ модели нелинейных ангармонических возмущений для волн кручения в трансверсально-изотропном цилиндре с мембранным покрытием граничной поверхности / И.А. Моисеенко, О.Ю. Сидаш // Современные тенденции развития математики и ее прикладные аспекты – 2018: VII Междунар. научно-практич. интернет-конф., 25 мая 2018 г. – Донецк: ДонНУЭТ, 2018. – 117 с. – С. 17-20.

Информационные системы управления

УДК 658.012.4 (043.3)

МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬЮ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Андриенко В.Н., д-р экон. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

Andr20076@yandex.ru

Введение. Конкурентная борьба экономических объектов [1] в рыночной среде определяет необходимость поиска действенных механизмов их поддержки и развития. Одним из таких механизмов является инвестирование деятельности экономического объекта внешними контрагентами, которое напрямую зависит от уровня его инвестиционного потенциала.

Будем рассматривать инвестиционный потенциал **экономического объекта** как совокупную возможность собственных и привлеченных экономических ресурсов обеспечивать его инвестиционную деятельность в рамках концепции развития, которая определяется через множество составляющих частей-компонентов (материально-техническую, функциональную, кадровую и другие) [2].

На основе исследований ведущих ученых-экономистов установлена тесная взаимосвязь между инвестиционной привлекательностью экономического объекта и его экономическим потенциалом, которая может рассматриваться как качественная и количественная характеристика его уровня.

Актуальность исследования определяется необходимостью разработки и использования инструментальных средств управления инвестиционным потенциалом экономического объекта, функционирующего в определенной среде с учетом экономических, политических, финансовых и других особенностей, а также развития современных концепций менеджмента на основе информационных технологий и систем.

Целью настоящего исследования является разработка методов и моделей управления инвестиционной привлекательностью экономического объекта, как показателя уровня его инвестиционного потенциала, на основе концепции развития и с использованием современных информационных технологий и систем.

Результат. Предложены научно-обоснованные методы планирования достижения определенных результатов функционирования экономического объекта на основе рейтинговой оценки качественных и

количественных показателей его деятельности, координации процессов достижения результатов и трудоемкости работ. Процессная организация работ на экономическом объекте обеспечивает объективную оценку уровня инвестиционного потенциала методами расчета количественной оценки интегрированного показателя (методы сумм, математического ожидания, дисперсии, ранжирования, бальной оценки, рейтинговой оценки).

Разработаны модели сравнительных рейтинговых оценок деятельности работников, подразделений, экономического объекта в целом. При этом управление персональной деятельности каждого работника лежит в основе всего механизма управления инвестиционной привлекательностью экономического объекта. Возможность оперативного оценивания рейтингового показателя деятельности работника формирует его мотивационную заинтересованность для достижения необходимых показателей.

Предложенные методики рейтингового оценивания деятельности отдельных образований используются для анализа менеджерами эффективности работы структурных подразделений и распределения инвестиций на последующие периоды бюджетирования [3].

Для реализации указанных разработок используется прикладное программное обеспечение, с помощью которого информация о функциональной деятельности каждого работника вводится в базу данных системы в момент возникновения события, требующего регистрации. При этом, трудоемкость ввода такой информации снижается за счет использования интеллектуальных пользовательских интерфейсов, уменьшающего количество ошибок и повышающего достоверность вводимой информации.

Заключение. Преимуществом разработанной системы управления инвестиционной привлекательностью экономического объекта является возможность расчета рейтинговых показателей до окончания отчетного периода в любой момент времени. Это дает возможность сосредоточить внимание менеджеров структурных подразделений на выявление негативных явлений и устранение неудовлетворительных результатов задолго до установленных сроков.

Список литературы

1. Андриенко, В. Н. Модели реинжиниринга систем управления / В. Н. Андриенко – Донецк: ДонНУ, 2001. – 255 с.
2. Андриенко, В.Н. Документационное обеспечение организационно-экономического механизма управления инвестиционным потенциалом ВУЗа / В. Н. Андриенко // Материалы VI международной научно-практической конференции «Информационные системы и технологии в области документоведения и архивоведения» – Донецк: ДонНУ, 2017. – С. 6 – 10.
3. Андрієнко, В. М. Ефективні механізми антикризового управління виробничо-господарських систем / В. М. Андрієнко, Т. В. Белопольска, О. В. Артюх, О. О. Плахотнік. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2013. – 381 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТАМОЖЕННОМ ДЕЛЕ

Андрюенко В. Н., д-р экон. наук, проф.

Боровец И. Е., аспирант

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

andr20076@yandex.ua, borovets-i@mail.ru

Введение. На современном этапе таможенные органы всех стран вынуждены соответствовать постоянно меняющимся условиям мировой торговли. С одной стороны, они призваны содействовать её развитию, а с другой – обязаны предотвращать правонарушения и преступления в таможенной сфере, тем самым обеспечивая безопасность. В такой непростой ситуации актуальным представляется использование инновационных технологий в таможенной сфере. Целью данной работы является изучение возможных перспектив развития и использования в ближайшем будущем технологий, с помощью которых таможенные органы смогут выполнять свои задачи более качественно.

Актуальность работы. Принятие и применение мировых стандартов, архитектур и совместные попытки упрощения являются важными элементами на пути к успеху создания к 2020 г. таможенных служб нового поколения. Технологические стратегии изменятся, чтобы укрепить содействие растущей кооперации и эффективно использовать результаты информации в работе таможенных органов.

Цель работы: Выделить новейшие информационные разработки в таможенной сфере. Проанализировать основные аспекты управления информацией в системе таможенных органов: программное обеспечение, идентификационное управление, технологические изменения в управлении рисками. Изучить взаимодействие между экономической эффективностью работы таможни и использование современных IT-технологий в системе таможенного администрирования. Привести конкретные примеры успешного использования новых технологий в таможенном деле.

Методы исследования: наблюдение, анализ и синтез.

Авторами наиболее фундаментальных работ, посвященных анализу информационных технологий таможенного дела являются: В. В. Пиляева, В. В. Новиков, Р. В. Терентьев, С. В. Халипов, Е. Н. Старовойтова, Н. Н. Косаренко, О. М. Домедович и др.

Результат. За основу данной работы было взято исследование ирландского эксперта Тома Дойла, бывшего консультанта Европейской Комиссии и Всемирного банка. Он представил своё мнение по поводу того, как будут выглядеть таможенные органы в ближайшее десятилетие, рассмотрев разные аспекты, в числе которых и перспектива развития таможенных технологий [1]. По его мнению, организационные,

процедурные и политические изменения в таможенных органах будут обусловлены именно применением информационных таможенных технологий (ИТТ). Новые решения в области ИТТ обеспечат к 2020 г.:

- возможность взаимодействия таможенных органов и других ведомств, участвующих в приграничном управлении;
- полностью открытую, беспроводную и мобильную операционную среду;
- решения для структурированных и неструктурированных данных.

Эволюция трех главных элементов ИТТ: сервис-ориентированная архитектура программного обеспечения, идентификационное управление, управление рисками, – определяют, как технологические решения будут функционировать в 2020 г. Основной задачей информационных технологий является управление информацией внутри определенных систем, в частности, таможенной системы [2].

Например, технология осуществления таможенных операций предполагает поступление первичной документации, которая трансформируется в форму таможенной декларации. Последняя, наряду с другими требуемыми в конкретном случае формами, изменяя состояние баз нормативно-справочной информации, вызывает движение денежных средств и приводит к изменению банковских счетов юридических лиц.

Целью СОА программного обеспечения является оптимизация индивидуальных и коллективных бизнес-процессов. Некоторые администрации находятся на ранних стадиях применения архитектуры программного обеспечения услуг. Поэтому распространение модели ожидается к 2020 г. Таможенные организации выиграют от инвестиций в построении архитектуры, которая предоставляет возможность для надежной технической интеграционной способности, может быть использована между многочисленными учреждениями на международной основе [3].

Использование сложных методов и соответствующих технологий улучшат способность таможенных администраций идентифицировать как личности, так и грузы для выборочного контроля. На основе заранее установленных алгоритмов с соответствующими нормами определяется нечёткое (неточное) совпадение и ранжирование результатов. Комбинация алгоритмов обеспечивает высокоточную оценку. Такая технология поиска и совпадения уже действует на высоких скоростях и позволяет таможенным органам уделять для проверки декларации определённого содержания сравнительно небольшой промежуток времени.

Биометрия станет основным и широко распространённым методом усиленной проверки идентификации к 2020 г., основываясь на таких характеристиках, как дактилоскопия, сканирование радужной оболочки и распознавание голоса для подтверждения персональной идентификации. Применять технологию биометрии более безопасно, чем полагаться лишь на документы и сведения, предоставленные пассажиром или на то, чем он обеспечен, так как и то, и другое легко подделать или получить обманным путём.

К примеру, в западных странах реализация программы по применению биометрической системы контроля Global Entry началась ещё в 2008 г. Министерство национальной безопасности сообщило в 2012 г. о намерениях расширить сферу действия системы. Сегодня участниками этой программы являются 200 тыс. человек, а 137 её пунктов действуют в 20 аэропортах.

По оценкам таможенников, участники программы Global Entry преодолевают государственную границу менее чем за 1 минуту, тогда как традиционное прохождение таможенного и паспортного контроля занимает гораздо больший промежуток времени [4].

Преимущества беспроводной технологии включают в себя не только увеличение контроля торговли, но и потенциальные решения, которые дешевле, чем существующие физические операции. Радиочастотная идентификация может позволить определить, подвергался ли контейнер вскрытию. Она может обнаруживать изменения давления, влажности, температуры, уровень содержания углекислого газа и др. [5].

Например, таможенники Казахстана и Литвы уже несколько лет используют электронные пломбы радиочастотной идентификации на грузовиках, проходящих через страну – в основном передвигающиеся из Китая в Россию и в восточную Европу – для предотвращения фактов контрабанды и кражи груза, перевозимого через их границы в другие страны и порты [6].

Таким образом, можно сделать следующие выводы: технологии обеспечат основу для беспрепятственного взаимодействия таможенных органов как с различными субъектами, так и с другими государственными органами, смогут функционировать в рамках сложных сетевых архитектур, предназначенных для обеспечения способности системы противостоять ошибкам посредством всестороннего использования усиленных протоколов системы защиты. Использование радиочастотной технологии станет общепринятой практикой. Будет широко распространено применение нанотехнологий и биометрии для идентификации пассажиров и товаров группы повышенного риска. Программы анализа рисков на основе оперативных данных станут гарантией защиты от мошенничества. Данные программы будут иметь возможность обрабатывать обширное количество информации, включая биометрические и пространственные данные, что обеспечит таможенников решениями в отношении к неразрешимым в настоящее время задачам.

Список литературы

1. Информатика и информационные системы в экономике: учеб. пос. / под ред. Е. А. Ракитина. – Тамбов: ТГТУ, 2012. – 115 с.
2. Бетина З. С. Информационно-аналитические понятия: учебно-метод. пособие / З. Н. Бетина. – Тамбов: ТГТУ, 2012. – 96 с.

3. Информационные системы и технологии в экономике и управлении: учебник / под ред. проф. В. В. Трофимова. – М.: Высшее образование, 2013. – 480с.
4. Бастриков М. В. Информационные технологии управления: учеб. пособие / М. В. Бастриков. – Калининград: «КВШУ», 2013. – 460 с.
5. Информационные технологии управления: учеб. пособие для вузов / под ред. Г. А. Титаренко. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012.
6. Леонтьев Е. А. Надежность экономических информационных систем: учеб. пособие / Е. А. Леонтьев. – СПб: ПИТЕР, 2012.

УДК 339.16

МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММЕРЧЕСКИМ ПОРТАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЯ

Андрюенко В. Н., д-р экон. наук, проф.

Величанский В.А., аспирант

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

velichanskiy.v@yandex.ru

Введение. Машиностроение является одной из ведущих отраслей Донецкой Народной Республики (ДНР), базой технического перевооружения общественного производства. Большинство предприятий машиностроения имеют в своем распоряжении уникальные оборудование и технологии, которые востребованы на внутреннем рынке. Несмотря на это, из-за недостаточной эффективности коммерческой составляющей деятельности предприятия, их конкурентоспособность на внешнем рынке значительно ослаблена, что отражается на объемах получаемой прибыли.

Возникает необходимость применения современных методов и инструментов разработки информационно-коммерческих порталов с интегрированными инструментальными средствами управления маркетинговой деятельностью в условиях становления цифровой экономики.

Актуальность исследования определяется необходимостью применения современных инструментальных средств в коммерческой деятельности предприятий машиностроения ДНР. В качестве предмета исследования рассматривается информационно-коммерческий портал (ИКП) предприятия, который позволит усовершенствовать технологию сбыта продукции на внешнем рынке. Разработка и сопровождение ИКП требует значительных затрат ресурсов, которыми предприятия машиностроения ДНР в данных условиях не располагают, поэтому возникает необходимость создания эффективного механизма управления ИКП.

Целью настоящего исследования является создание механизма управления ИКП, который представляет функциональную деятельность предприятия в современных социально-экономических условиях.

Результат. Для реализации поставленной цели проведены исследования по установлению требований к ИКП; разработке механизма

управления ИКП (рис. 1); анализу современных способов разработки ИКП; разработке модели расчета затрат на оплату труда; созданию модели выбора экономически обоснованного способа разработки ИКП; совершенствованию информационного обеспечения.

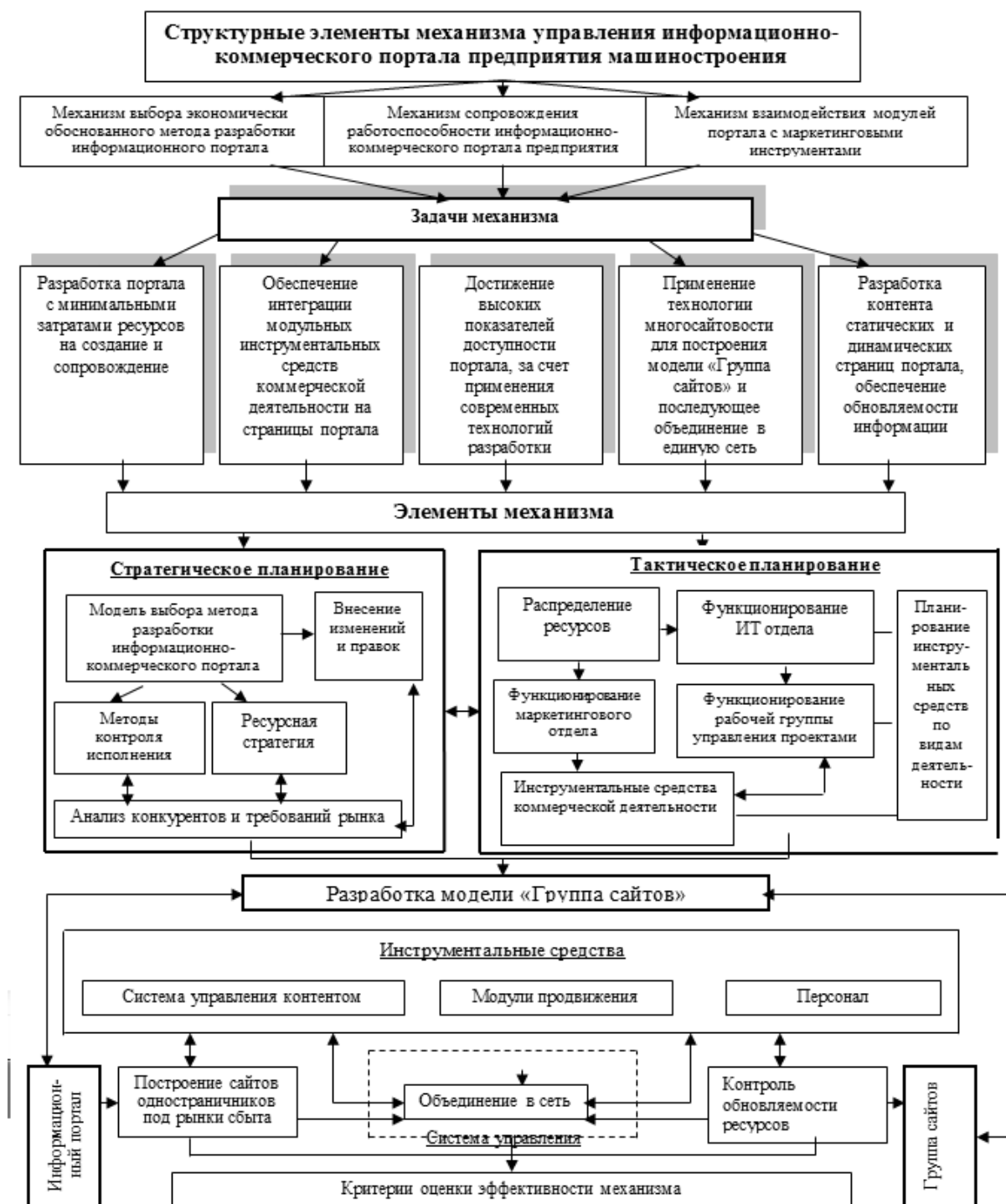


Рис. 1. Механизм управления информационно-коммерческого портала

Интерес отечественных предприятий к совершенствованию информационного обеспечения, как одного из главных условий роста их

стоимости объясняется тем, что начался переход на сетевые технологии информационного обслуживания, что делает возможным формирование интегрированных информационных систем на их основе, решающих задачи маркетинга, финансов, основного и вспомогательного производства [1].

Требования к ИКП предприятия машиностроения ДНР: информативность, доступность, модульность, экономичность, многосайтовость, защищенность.

Выполнение требований возможно обеспечить инструментами механизма управления ИКП, такими как: стратегическое планирование разрабатываемого ИКП предприятия и выбор наилучшего метода разработки; тактическое планирование использования инструментальных средств коммерческой деятельности, основу которых составляют маркетинговые инструменты стимулирования продаж в условиях цифровой экономики, с возможностью поддержки и сопровождения ИКП; планирование ресурсов, которые необходимо привлечь для построения ИКП; назначение ответственных лиц за ведение электронного бизнеса и распределение обязанностей; анализ выполненных этапов разработки, подведение итогов, внесение корректировок и постановка новых задач; контроль обновляемости динамических страниц, управление электронными каталогами продукции [3].

Реализация механизма управления ИКП начинается с общего анализа деятельности конкурентов на рынке, выделения конкурентных преимуществ и разработки более выгодных условий, которые будут представлены на ИКП. Функционирование в условиях электронного бизнеса потребует: разработки и внедрения экономически обоснованной модели построения ИКП; контроля распределения ресурсов; применения интегрированных в ИКП инструментальных средств коммерческой деятельности; использование современных модулей продвижения в поисковых системах.

Стратегической целью предложенного механизма, является разработка модели «Группа сайтов», которая представляет собой совокупность сайтов-одностраничников. Они функционируют в единой среде с ИКП. Одностраничники содержат информацию о направлениях деятельности предприятия, и о наиболее значимых категориях продукции. Выделение специализированных одностраничников позволит достичь более выгодного положения в поисковых системах, охватить большую аудиторию, расширить степень информированности пользователей о наиболее востребованных направлениях деятельности предприятия. Разработка модели «Группа сайтов» отличается необходимостью наименьших затрат ресурсов.

В **заключении** стоит отметить, что разработкам ИКП предприятия уделяется особое место в исследованиях зарубежных ученых, но в ДНР данному вопросу уделяется недостаточно внимания. Это свидетельствует лишь о том, что электронный бизнес в ДНР только начинает свое

становление. Отталкиваясь от опыта экономически развитых стран, можно констатировать перспективность развития данного направления, которое является основой развития цифровой экономики.

Список литературы

1. Андрієнко, В. М. Ефективні механізми антикризового управління виробничо-господарських систем / В. М. Андрієнко, Т. В. Белопольска, О. В. Артюх, О. О. Плахотнік. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2013. – 381 с.
2. Величанский, В. А. Концепция построения эффективных информационных порталов / В. А. Величанский // Вестник института экономических исследований. – Донецк: Издательство: ГУ «Институт Экономических Исследований», 2017. – № 3. – С. 130-138.

УДК 004.9

РЕИНЖИНИРИНГ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ИННОВАЦИОННО-АКТИВНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Балдынюк А.И., ассистент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

baldynjuk-anja@rambler.ru

Введение. На функционирование организационно-экономического механизма инновационно-активного предприятия (ИАП) оказывают влияние факторы как внешней (конкуренция; потребительское восприятие инновационной продукции, процессов, услуг и покупательская способность; инновационные процессы; социальные, экономические, экологические и научно-технические показатели), так и внутренней среды (уровень инновационной активности, модернизация производственных процессов, квалификация персонала, финансовое обеспечение) [2; 4]. При этом необходимо отметить роль реинжиниринга, который становится важнейшей составляющей комплексного организационно-экономического механизма управления ИАП, сопутствующий в решении проблем, связанных с построением договорной деятельности, координацией трудовых ресурсов и управленческих решений [1; 5].

Актуальность темы исследования определяется возросшим в современных экономических условиях влиянием инноваций, в том числе и реинжиниринга бизнес-процессов, на функциональную деятельность предприятий. ИАП, нацеленные на реинжиниринг бизнес-процессов определяют в качестве стратегии достижение высоких экономических показателей за счет улучшения качественных и количественных показателей выпускаемой продукции и предоставляемых услуг, экологического состояния окружающей среды, социального обеспечения и жизнедеятельности граждан.

Теоретико-методологическая основа исследуемой темы освещена в трудах таких ученых, как В.В. Баранов [2], В. В. Репин [5], Н.В. Молоткова [3], М.Хаммер [6] и другие. Однако вопросы, связанные с реинжинирингом бизнес-процессов ИАП недостаточно освещены, что вызывает необходимость исследования, обосновывает выбор темы и ее цель.

Целью исследования является выделение основных этапов при осуществлении реинжиниринга бизнес-процессов ИАП.

Результат. Реинжиниринг представляет собой кардинальное переосмысление и полное изменение бизнес-процессов ИАП с целью достижения существенных улучшений основных показателей их деятельности, а именно качества, стоимости и оперативности предоставляемых инновационных услуг и выпускаемых продуктов.

Основой реинжиниринга бизнес-процессов ИАП выступают современные компьютерные технологии и системы, за счет чего внедряется новый способ мышления, а именно взгляд на построение ИАП как нечто, что может быть построено, спроектировано или перепроектировано в соответствии с инженерными принципами [1; 6].

Деятельность, направленную на реинжиниринг бизнес-процессов ИАП целесообразно разделить на этапы [2; 3; 6]:

1. Подготовительный этап, на котором осуществляется:

- постановка целей и задач реинжиниринга бизнес-процессов ИАП;
- выделение руководителя реинжиниринга бизнес-процессов ИАП;
- выявление бизнес-процесса, требующего реинжиниринга в результате оценки внешней среды ИАП, которая влияет на реализацию бизнес-процесса, а так же оценки слабых и сильных стороны внутренней среды ИАП (**уровень инновационной активности, модернизация производственных процессов, квалификация персонала, финансовое обеспечение**);

- построение системы бизнес-процесса (формирование целей и задач необходимых для проведения реинжиниринга бизнес-процесса; определение перечня отделов ИАП, участвующих в осуществлении реинжиниринга; сопоставление необходимых и имеющихся ресурсов, а так же их назначение при реализации бизнес процесса; определение условий реализации бизнес-процесса (социальный, материальный, финансовый, информационный, научно-технические показатели), участников и исполнителей бизнес-процесса);

- формирование команды, проводящей реинжиниринг основного бизнес-процесса (отбор, подбор высококвалифицированного персонала, его мотивация и стимулирование);

2. Этап анализа существующих бизнес-процессов ИАП:

- сбор информации о бизнес-процессе (качественные и количественные показатели), поиск объектов реинжиниринга.

- оценка бизнес-процесса в текущий период времени и его моделирование (формирование системы показателей, построение графической модели и сетевого графика);

- проведение исследований с целью повышения эффективности бизнес-процесса ИАП. Этап подразумевает выявление способов, направленных на увеличение эффективности бизнес-процесса в результате сбора показателей о нем, с помощью устранения его слабых сторон, а так же благодаря использованию инноваций и возможностей внешней среды, использованию потенциала внутренней среды ИАП;

3. Этап переосмысления существующих и разработка принципиально новых бизнес-процессов:

- моделирование бизнес-процесса ИАП и получение прогнозных результатов эффективности деятельности (осуществляется определение ресурсов, входных объектов и условий необходимых для реализации нового бизнес-процесса, который обеспечит выполнение поставленных задач и достижения целей ИАП).

- анализ целесообразности реинжиниринга бизнес-процессов (определение, сравнение показателей, отражающих затраты на бизнес-процесс и экономический эффект от его реализации, а так же показатели удовлетворенности клиентов ИАП);

4. Этап внедрения новых бизнес-процессов в деятельность ИАП:

- внедрение изменений в бизнес-процесс, которые осуществляются с учетом критериев: актуальность, простота внедрения и сложности восприятия персоналом ИАП;

- анализ плановой и фактической системы показателей бизнес-процесса после его реинжиниринга (проведение сравнительного анализа фактических и плановых показателей).

В **заключении** отметим, что от качества проведения этапов реинжиниринга бизнес-процессов ИАП зависит обеспечение эффективность его деятельности, конкурентоспособность на внутренних и внешних рынках, качество удовлетворения социальных, экономических, научно-технических и экологических показателей.

Теоретическое значение полученных результатов обосновано актуальностью темы и целью исследования, связано с поэтапным разделением деятельности, направленной на реинжиниринг бизнес-процессов ИАП. Полученные результаты составляют основу для дальнейших исследований в области реинжиниринга бизнес-процессов ИАП.

Список литературы

1. Андриенко, В.Н. Концептуальные основы управления инновационно-активным предприятием / В. Н. Андриенко, А. И. Балдынюк // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия Экономика. – Астрахань: Астраханский государственный технический университет, № 1. – 2017. – 121 с.
2. Баранов, В. В. Реинжиниринг бизнес-процессов: этапы разработки и реализации [Электронный ресурс] / В. В. Баранов / Режим доступа: http://www.elitarium.ru/2012/11/14/reinzhiniring_biznes_processov_jetapy_razrabotki_realizacii.html.
3. Молоткова, Н. В. Проектирование и реинжиниринг бизнес-процессов в коммерции и бизнес-информатике: учеб. пособие / Н. В. Молоткова, Д. Л. Хазанова, Т. И. Лапина, Тамбов: ТГТУ. – 2013. – 173 с.

4. Проказа, Т. В. Интеграционные процессы в контексте инновационного развития предприятий / Т. В. Проказа // Интегрированные основы инновационного и устойчивого развития экономики: сборник научных статей. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2013. – С.35-37.
5. Репин, В. В., Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. В. Репин, В. Г. Елиферов. – М.: Манн, Иванов и Фербер. – 2013. – 544 с.
6. Хаммер, М. Реинжиниринг корпорации. Манифест революции в бизнесе / М. Хаммер, Д. Чампи. – М. – 2009. – 260 с.

УДК 004.01

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ ЦЕНТРОМ ЗАНЯТОСТИ

***Бовт Д.А.**, старший преподаватель
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
d.a.bovt@yandex.ru*

Введение. В настоящее время в деятельности Республиканского центра занятости широко применяется практика использования мобильных социальных офисов. Специалисты районных центров занятости в составе мобильного офиса регулярно проводят прием граждан для ознакомления с имеющимися вакансиями рабочих мест или работ временного характера. Предоставляется перечень профессий, по направлениям которых может быть проведено профессиональное обучение или осуществлено проведение обучающих семинаров. Необходимость применения мобильных центров возникла вследствие совершенствования работы по оказанию услуг в области занятости гражданского населения [1].

Практика функционирования центра занятости, осуществляемая в рамках деятельности мобильных социальных офисов по реализации государственной политики в сфере социальной защиты населения, полностью себя оправдывает. Мобильные центры занятости – это мощное средство как исследования запросов на рынке труда, так и оперативного предоставления информации соискателям и работодателям.

Актуальность (социальная значимость) определяется необходимостью эффективного информационного обеспечения управления деятельностью мобильных центров занятости. В соответствии с современными условиями работы центров занятости разработаны модели информационных систем управления их деятельностью. Однако, эти модели не учитывают, с одной стороны мобильный характер работы некоторых центров, а с другой стороны не существует универсального подхода в проектировании таких информационных систем.

Целью настоящего исследования является определение характерных аспектов проектирования информационной системы управления

мобильным центром занятости с учетом решаемых задач, оперативности обработки информации и наличия соответствующих инструментальных средств разработки.

Результат. Определены основные составляющие проектирования информационной системы управления, обусловленные деятельностью мобильных центров занятости и их взаимодействием с главным центром. Принципы проектирования соответствуют общим принципам проектирования информационных систем [2]. Учитываются характерные особенности условий работы мобильных центров. Возможность модификации и дальнейшей эволюции информационной системы в зависимости от изменения условий рынка труда не ограничиваться инструментальными средствами разработки, которые имеются в наличии. Схема проектирования информационной системы управления мобильным центром занятости приведена на рис. 1.



Рис. 1. Схема проектирования информационной системы управления мобильным центром занятости

В **заключении** следует отметить, что управление деятельностью мобильного центра занятости должно предусматривать возможность не только обработки и передачи информации в реальном времени, но также и возможности дополнительной ее обработки как на уровне мобильного, так и главного центра. Учитывается иерархичность принципа построения Республиканского центра занятости [3]. Проектирование и разработка информационной системы управления обеспечит реализацию непосредственного взаимодействия между работодателями и соискателями на рынке труда, сопровождение и поддержку единой базы данных по трудоустройству, а также осуществление оперативного реагирования на изменение условий рынка труда.

Список литературы

1. Информационный ресурс <http://rcz-dnr.ru> Республиканского центра занятости ДНР;
2. Андриенко, В. Н. Концептуальные основы управления инновационно-активным предприятием / В. Н. Андриенко, А. И. Балдынюк // Вестник Астраханского государственного технического университета. – Астрахань: АГТУ, 2017. – № 1, 2017. – С. 16–22.
3. Бовт, Д. А. Особенности управления документационным обеспечением центра занятости / Д. А. Бовт // Информационные технологии и системы в области документооборота и архивоведения: Материалы VII Международной научно-практической конференции (Донецк, 16-18 апреля 2018 г.). – Донецк: ДонНУ, 2018. – 79 с.

УДК 330.47

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО АУДИТА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Гайдарь Е.В., канд. экон. наук, доцент
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г Донецк
elena-gaydar@mail.ru

Введение. Современное предприятие представляет собой сложную экономическую систему, управление которой требует наличия соответствующего обеспечения для обработки информации, полученной в результате управленческого, финансового и бухгалтерского учета. Оценка эффективности методов сбора и обработки этой информации, то есть управленческий аудит, является важной составляющей функционирования предприятия.

Анализ методов управленческого аудита [5–7] позволяет сделать вывод, что необходима разработка новых, более совершенных методов сбора и обработки управленческой информации, что, в свою очередь, требует разработки подходов к их анализу. Управлять все более сложными

и объемными потоками управленческой информации для решения аудиторских задач можно только с использованием современных информационных технологий, для чего необходима разработка соответствующего информационного обеспечения. Информационное обеспечение управленческого аудита представляет собой взаимосвязанную совокупность информационных потоков, экономико-математических методов и моделей, технических, программных и технологических средств, которая позволяет осуществлять обработку аудиторской информации.

В современной экономике аудиторская деятельность должна быть направлена на реализацию и усиление контрольной функции управленческого аудита, что может быть достигнуто только в результате перехода к модели системно-ориентированного аудита [1, 2, 4]. Это требует широкого применения методов экономико-математического моделирования и информационных технологий.

Все это обуславливает **актуальность** исследований информационного обеспечения управленческого аудита на предприятии.

Целью исследования является разработка принципов информационного обеспечения управленческого аудита.

Одной из наиболее актуальных частей проблемы разработки информационного обеспечения управленческого аудита является определение целей пользователей информационного обеспечения, а также анализ потребляемой ими информации.

Управленческий аудит на современном предприятии является обязательной частью процесса контроля и позволяет оценить эффективность использования ресурсов для достижения целей предприятия, а также правильность ведения учета на предприятии. При этом могут быть выделены две группы пользователей управленческого аудита: внешние и внутренние. К внешним пользователям относятся экономические субъекты, имеющие интересы в предприятии, такие как акционеры, инвесторы, кредиторы и т.п. Внутренними пользователями управленческого аудита являются непосредственно лица, принимающие решения, то есть менеджеры высшего и среднего звена.

В аудите финансового состояния заинтересованы, прежде всего, внешние пользователи, которым необходимо принимать решения о взаимодействии с предприятием исходя из его платежеспособности, финансовой устойчивости и ликвидности.

В свою очередь, аудит эффективности использования ресурсов предприятия необходим внутренним пользователям, которым необходимо принимать решения по максимизации финансового результата путем разработки и реализации различных мероприятий.

Аудит ведения управленческого учета должен позволять оценить, как выполняются основные требования к отчетности, в частности:

- достоверность отчетности;
- полнота отчетности;

- своевременность ведения учета;
- качество обработки информации при учете.

Достоверность отчетности определяется надежностью первичных источников, на основании которых она строится. То есть, аудит достоверности предполагает оценку методов работы с первичной документацией.

Полнота информации, используемой в управленческом учете, определяется методами управления. Так, при использовании систем поддержки принятия решений, руководители могут обрабатывать гораздо больше информации, чем в ручном режиме. Кроме того, полнота информации определяется целями аудита, то есть, какие именно показатели, характеризующие функционирование предприятия, должны быть предоставлены заинтересованным лицам.

Своевременность ведения учета определяется возможностью использования получаемой информации при принятии управленческих решений без нарушения установленной процедуры и регламента [4,7]. То есть, учет осуществляется своевременно, если информация без задержек попадает на каждый иерархический уровень обработки.

Результат. Построение информационного обеспечения управленческого аудита на предприятии позволит более качественно оценивать ведение учета и формирование отчетности.

Заключение. Разработаны принципы построения информационного обеспечения управленческого аудита на предприятии, основанные на выделении и анализе целей потребителей управленческой информации, что позволяет осуществлять оценку эффективности управленческого, финансового и бухгалтерского учета и повысить качество принятия управленческих решений. Перспективы дальнейших исследований заключаются в разработке структуры информационных потоков между элементами информационного обеспечения.

Список литературы

1. Барановская, Т. П. Информационные системы и технологии в экономике / Т. П. Барановская, В. И. Лойко и др., 2005. – 416 с.
2. Божко, В. П. Информационные технологии в экономике и управлении / В. П. Божко, Д. В. Власов, М. С. Гаспарян. – М.: ЕАОИ, 2008. – 120 с.
3. Городилов, М. А. Аудит: теория и практика применения международных стандартов / Т. Г. Шешукова, М. А. Городилов. – 2-е изд., доп. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 184 с.
4. Информационные системы в экономике / под ред. Титоренко Г. А. – М.: Юнити-Дана, 2008. – 463 с.
5. Информационные системы и технологии в экономике и управлении / под ред. Трофимова В. В. – М.: Высшее образование, 2006. – 480 с.
6. Соколова, Е. С. Международные стандарты учета и финансовой отчетности / Е. С. Соколова. – М.: ЕАОИ, 2008. – 186 с.
7. Трофимов, А. В. Аудит качества / А. В. Трофимов. – Тамбов: ТГТУ, 2009. – 96 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CRM-СИСТЕМ В АРХИВНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Коробейникова К.В., канд. экон. наук, доцент
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
evilia@mail.ru

Введение. Характерной особенностью деятельности архивных учреждений в современных условиях является оказание широкого спектра услуг, которые адресованы большому количеству пользователей каждый из которых нуждается в клиент-ориентированном подходе при обслуживании.

Современную деятельность архивных учреждений невозможно представить без информационных технологий, которые бы обеспечивали целесообразное распределение ресурсов архивного учреждения, принятие правильных решений на основе полученной консолидированной информации, стратегическое планирование, и, главное – результативный диалог с клиентом. Вследствие этого, растет актуальность использования CRM-систем, которые бы на основе существующей логики бизнес-процессов в архивах, позволили бы реализовать эффективное взаимодействие с клиентами.

Актуальность (социальная значимость) исследования определяется возросшим в последние годы интересом профессионалов и широкого круга специалистов к проблемам использования CRM-систем.

Концепция CRM предлагает формирование базы клиентов архивного учреждения, так как именно они являются его главным активом и ресурсом. CRM позволяет управлять совокупными знаниями о клиентах, что, в свою очередь, дает архивному учреждению шанс быть всегда востребованным, предлагая клиентам что-то уникальное – особые персонифицированные отношения, которые будут восприниматься клиентами как высшая ценность.

Целью настоящего исследования послужило: определить перспективы использования CRM-систем в архивных учреждениях.

Для исследования используются следующие **методы**: метод анализа, синтеза, системный и формально-логический подход. Принципы: аксиологического подхода, объективности. Для реализации цели проведен ряд исследований по определению возможности применения CRM-систем в архивных учреждениях.

Результат. CRM-система является инструментом, который позволяет обеспечить индивидуальный подход в обслуживании. С помощью этой системы архивное учреждение получает следующие преимущества: сохранение всей клиентской информации; оптимальное использование ресурсов и времени при работе с пользователями.

Формально CRM-система в архивном учреждении может быть представлена в виде больших модулей:

- автоматизация взаимодействия с пользователями;
- автоматизация обслуживания пользователей;
- управление контактами.

Внедрение CRM-системы требует от архивного учреждения серьезных организационных изменений, в частности, создание баз данных, ориентированных на удовлетворение потребностей клиентов.

В **заключении** стоит отметить, что технология CRM значительно повышает эффективность планирования деятельности в архивах, поскольку обеспечивает автоматический сбор информации и максимальное ее использование. Кроме того, «полноценная» CRM-технология предусматривает наличие аналитического инструментария, который позволяет оперативно и взвешенно принимать стратегические решения в архивных учреждениях.

Для достижения успеха в работе с клиентами архива CRM-система должна быть разработана с учетом индивидуальных потребностей клиентов. В условиях внедрения CRM-системы нужны изменения менталитета сотрудников, реорганизация бизнес-процессов с переориентацией на клиентов, переоборудование рабочих мест сотрудников архивного учреждения, которые непосредственно работают с данной системой.

Руководству архивного учреждения необходимо очень тщательным образом проработать вопросы внедрения CRM-системы, в том числе с применением специальных аналитических модулей и современных облачных технологий.

Список литературы

1. Капустин, Ф. А. Облачные crm системы как замена традиционных CRM систем / Ф. А. Капустин // NovaInfo.Ru. – 2017. –Т. 2. – № 64. – С. 45-50.
2. Беспятая, М. Н. Влияние CRM-систем на эффективность бизнеса / М. Н. Беспятая // Вестник Донецкого национального университета. Серия В. Экономика и право. – 2016. – № 2. – С. 3-10.
3. Маркова, О. Н. Перспективы использования CRM-систем в предпринимательстве / О. Н. Маркова, С. Г. Пурхани // Материалы V Международного Балтийского морского форума. – Калининград, 21-27 мая 2017 г. – 2017. – С. 995-1001.
4. Стубарев, И. М. Аналитический модуль CRM-системы / И. М. Стубарев, О. К. Альсова // Интеллектуальные информационные системы. – 2017. – С. 38-40.
5. Гуца, П. В. Разработка CRM системы по управлению взаимодействием с клиентами / П. В. Гуца, А. С. Головач // Материалы международной науч. конференции «Экономическая наука в XXI веке: проблемы, перспективы, информационное обеспечение». – 2017. – С. 309-312.

МЕТОД ОПЕРЕЖАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В УПРАВЛЕНИИ ОРГАНИЗАЦИЕЙ

Крулькевич М.И., д-р техн. наук,
ГОУ ВПО «Донецкий государственный университет», г. Донецк
krulkevich@inbox.ru

Введение. Развитие экономики на современном этапе характеризуется нестабильностью, которая приобрела формы системности. Это проявляется в нарушении экономических связей между всеми звеньями экономической системы. При этих условиях эффективное управление предприятием осложняется, что предопределяет формирование эффективной системы контроля на предприятии. Контроль становится необходимым:

- во-первых, для устранения неопределенности информации о ситуации, которая сложилась на предприятии;
- во-вторых, для предупреждения рисков, связанных с этой неопределенностью;
- в-третьих, для обеспечения условий успешной деятельности организации.

Разработка системы управленческого контроля является основой, присутствующей в организации на всех уровнях и стадиях управления [1–4]. Контроль является гарантией успешной управленческой деятельности организации.

Актуальность (социальная значимость) определяется тем, что в современных условиях организации должны умело использовать и применять прогрессивные теории, методы и инструменты управления и контроля, а также опыт ведущих мировых компаний в сфере управленческого контроля. Контроль представляет собой процесс выявления качества и последующей коррекции работы, выполняемой подчиненными. Как функция управления контроль предназначен для того, чтобы обеспечить выполнение планов и намеченных целей организации.

Опережающий управленческий контроль в современных организациях целесообразно представить как систему, которая состоит из отдельных элементов входа (данные об объекте контроля), элементов выхода (данные об объекте управления, полученные в ходе контроля) и совокупности таких взаимоувязанных звеньев: центров ответственности; техники контроля, то есть методики и технологии контроля; системы учета и процедуры контроля.

Целью настоящего исследования является: определение задач и функций опережающего контроля в деятельности организации.

Для исследования используются следующие **методы**: логического и структурного анализа, системный подход. Принципы: объективности, аксиологического подхода. Для реализации цели проведен ряд исследований по анализу работы руководителей разного ранга.

Результат. Результаты анализа свидетельствуют о том, что для своевременного реагирования на отклонения в деятельности организации должен быть настроен и сформирован эффективный опережающий управленческий контроль. Система опережающего контроля призвана способствовать повышению эффективности управленческой деятельности организации, положительно влиять на результаты работы. Опережающий контроль в менеджменте организации необходим для выявления и решения проблем на ранних стадиях их возникновения. Это процесс непрерывен, он включает наблюдение и регуляцию разных видов деятельности предприятия с целью облегчения выполнения управленческих задач.

В **заключении** стоит отметить, что эффективный опережающий контроль формируется на основе его связи с процессом стратегического планирования организацией. Однако в процессе оценки важно учитывать и результаты, которые не могут быть спрогнозированы, которые чаще всего обеспечиваются с помощью оперативных решений и характеризуют эффективность деятельности отдельных подразделений организации или конкретных работников, а также и их способности в условиях риска реагировать адекватно в случае возникновения непредвиденных обстоятельств. Первым этапом опережающего контроля может рассматриваться оценка результатов, а последним – анализ факторов, которые обусловили получение таких результатов и изучение причин отклонений полученных показателей от запланированных. Таким образом, опережающий контроль является неотъемлемой составляющей менеджмента, без которой не может согласованно и полноценно функционировать ни одна организация.

Список литературы

1. Шаповаленко Г.Н., Радионов С.Н., Воробьева О.В., Галкин А.В. О системе управления промышленной безопасностью и надежности персонала горных предприятий // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – № S5. – С. 142-152.
2. Михалёва И.М. Основы управленческой деятельности Иркутский национальный исследовательский технический университет. Иркутск, 2016. –
3. Игин И.М., Русакова А.С. О моделях формирования эффективных систем внутреннего контроля в экономических субъектах на примере госкорпорации "Росатом" // Дискуссия. – 2016. № 5 (68). – С. 25-32.
4. Чекаданова М.В. Задачи и механизмы деятельности органов управления кластером по обеспечению его эффективной работы // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2018. – Т. 9. – № 2. – С. 232-247.

КОНТЕНТ-АНАЛИЗ КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ АРХИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Курдюмова И.А., канд. филол. наук, доцент
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
kurdiymova.irina@mail.ru

Введение. Одним из направлений интеграции современной архивной науки со смежными науками является апробация и адаптация методов научного исследования, в частности, контент-анализа к решению конкретных научно-исследовательских задач. Система эмпирических и теоретических методов исследования в архивной науке обогащается за счет применения инструментария социологии, психологии и т.п. Проблема заключается в том, что «механическое перенесение инструментария из одной научной отрасли в другую, даже смежную, ведет и к потере качества информации, собранной без учета специфики сложных архивных объектов, явлений» [1]. Поэтому возникает объективная необходимость методологической рефлексии, теоретического осмысления и разработке соответствующих методик, технологий контент-анализа, исходя из специфики предмета исследования, особенностей целей и задач научного поиска в архивоведении и смежных науках.

Метод контент-анализа документальной информации используются в разных сферах человеческой деятельности [2–5]. Большой научный интерес для исследований представляет изучение его применения в архивной науке. Разработками в данном направлении занимаются ведущие ученые.

Актуальность (социальная значимость) вызвана ростом потребностей в достоверной информации. Контент-анализ – это количественно-качественный метод исследования, который характеризуется высоким уровнем объективности выводов и строгостью соблюдения процедуры его проведения. «Количественный подсчет позволяет сделать объективные выводы относительно направленности материалов по количеству применений единиц анализа в исследуемых текстах, качественный (квалитативный) анализ основан на использовании тех или иных видов интерпретации текста [4].

Контент-анализ применяют с целью обработки и уточнения данных, полученных с помощью других методов исследования, для изучения определенных явлений, анализа источников информации по проблеме и т.п.

Контент-анализ как исследовательский инструментарий применяют для углубления понимания и уточнения используемых понятий. Этот вид контент-анализа предусматривает «поэтапную процедуру исследования определенной категории (понятия, явления) в системе архивных наук.

Целью настоящего исследования является анализ использования контент-анализа в исследовании архивных документов.

Для исследования используются следующие **методы**: общенаучные – анализ, синтез, индукция, дедукция. Принципы: объективности, аксиологического подхода. Для реализации цели проведен ряд исследований по изучению применения метода контент-анализа при изучении архивных источников.

Результат. Изучение вопроса апробации и адаптации контент-анализа как одного из методов научного исследования, которое широко применяется в различных науках показало, что целевое назначение метода – анализ источников документальной информации, что и определяет его видовую специфику. Метод может быть структурирован: подготовительный этап (структурные компоненты – проблематизация, целеполагание, концептуализация); исполнительный (конструирование, квантификация, интерпретация); итоговый (аналитический вывод).

Важной частью контент-аналитического исследования является интерпретация данных. Основными путями интерпретации данных является прослеживание тенденций статистических изменений, внутритекстовые сравнения, сопоставление контент-аналитических и других источников.

Предложенный алгоритм осуществления контент-анализа может быть использован при изучении архивных документов.

В заключении стоит отметить, что контент-анализ можно применять для достаточно широкого класса задач по исследованию архивных документов, включая мемуариистику и биографические документы.

Список литературы

1. Трофимович, Р. А. Актуальность практики контент-анализа для самоподготовки студентов / Р. А. Трофимович // Материалы международной научно-практической конференции «Логистический аудит транспорта и цепей поставок». – 2018. – С. 410-415.
2. Рожков, Г. А. Метод контент-анализа / Г. А. Рожков // Экологическая педагогика: проблемы и перспективы в свете развития технологий Индустрии / под общей редакцией Е.С. Симбирских. – 2017. – С. 53-56.
3. Маслова, А. И. Особенности применения контент-анализа в историческом исследовании (на материалах советской периодической печати конца 1920 - начала 1930-х гг.) / А. И. Маслова // Материалы 54-й Международной научной студенческой конференции. – МНСК-2016: История. – 2016. – С. 169-170.
4. Серебренникова, Т. П. Тематический контент-анализ публицистики А. В. Адрианова (по материалам газеты "Сибирская жизнь" за 1917-1919 гг.) / Т. П. Серебренникова // Материалы 54-й Международной научной студенческой конференции. – МНСК-2016: История. – 2016. – С. 142-143.
5. Макеева, М. Н. Контент-анализ лингвистических данных и информационные технологии / М. Н. Макеева, Н. Ю. Бородулина // Когнитивные исследования языка. – 2018. – № 33. – С. 113-117.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОТРАСЛЕВОЙ СИСТЕМЫ ДОКУМЕНТАЦИИ В СФЕРЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПУТЕМ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Мащенко Н.Е., канд. экон. наук, доцент
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
maschenko_n@mail.ru

Введение. Одной из основных тенденций развития образования на сегодняшний день является информатизация и компьютеризация, которые подразумевают внедрение в образовательный процесс новых информационных технологий, оснащение образовательных учреждений электронно-вычислительной техникой, а также постоянным доступом к сети Интернет [1]. Создание виртуального образовательного пространства является решением одной из задач педагогики, а именно задачи разработки эффективных форм организации образовательного процесса [2].

Актуальность (социальная значимость) данного исследования определяется тем, что совершенствование отраслевой системы документации высшего профессионального образования как основополагающей системы любого образовательного учреждения занимает огромное место в его развитии. Внедрение и использование информационных технологий в образовательном процессе позволит не только ускорить движение документов, но и построить совершенно новую форму организации учебного процесса.

Целью настоящего исследования является разработка механизмов совершенствования системы отраслевой документации вуза путем внедрения информационных технологий.

Результат. В настоящее время отраслевая система документации в сфере высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики проходит шаги своей трансформации, что связано со значительными изменениями в самой системе высшего профессионального образования республики. Эти изменения вызваны изменениями в политическом переустройстве ДНР, переходе от украинских стандартов образования к собственным с уклоном в сторону РФ с целью интеграции в образовательное пространство РФ.

Одно из направлений преобразований на сегодняшний день в системе ВПО связано с необходимостью внедрения в процесс управления высшими учебными заведениями компьютерных технологий. Электронный документооборот в учреждениях высшего профессионального образования на сегодняшний день стал не просто средством оптимизации внутренних процессов, а насущной необходимостью в условиях жесткой конкуренции.

С помощью электронного документооборота в вузах возможно автоматизировать сложные в организационном плане процессы планирования, учета, контроля и анализа деятельности образовательного учреждения, формирование учебных планов по направлениям подготовки (включая индивидуальные) и планирование потоков учебных групп по видам (общих, специализированных, межфакультетских и проч.), формирование сводного линейного графика на год. Электронный документооборот позволяет составлять и контролировать план педагогической нагрузки, осуществлять планирование штатного расписания, работы Государственной экзаменационной комиссии [1;2].

Система электронного документооборота для вуза имеет свои особенности в плане особенностей отраслевой системы документации. Приобретение системы электронного документооборота в вузах ДНР осложнено отсутствием отечественных разработчиков таких систем, невозможностью приобретения украинских систем вследствие особой политической ситуации, нежеланием российских и иностранных разработчиков сотрудничать вследствие непризнанности ДНР в мировом сообществе и боязни санкций. Данные обстоятельства осложняются ограниченным финансированием отечественных вузов в последние годы. Оптимальный вариант в таком случае – это разработка системы силами вузов совместно с созданием координационного центра. Как вариант, можно рассматривать частичное использование облачных систем электронного документооборота (СЭД).

Анализ состояния информатизации в ДОННУ позволяет говорить, во-первых, о «лоскутной» автоматизации, автоматизирована частично работа отдела кадров, бухгалтерии, требует автоматизации учебная деятельность и другие участки работы вуза. Во-вторых, следует объединить те части информационной образовательной среды вуза, которые уже существуют: электронная библиотека, сайт вуза; в вузе идет работа над запуском системы дистанционного обучения Moodle. В-третьих, у сотрудников и преподавателей часто нет возможности оперативно опубликовать учебные материалы или справочно-нормативные документы так, чтобы они были доступны определенной целевой группе. В учебном процессе имеется явный дефицит качественных цифровых учебно-методических материалов, а то, что есть, трудно «донести» до студента, поскольку различные материалы (программы, презентации, видео лекции, тесты, индивидуальные задания, руководства и др.) не связаны логически в единый комплекс или хранилище данных. Есть проблемы с разграничением прав пользователей при доступе к данным и управлением собственно информационными ресурсами, а недавно добавилась еще одна проблема: необходимо обеспечить защиту персональных данных в соответствии с требованиями Закона ДНР «О персональных данных». Часто отсутствует информационно-аналитическая

поддержка для ключевых задач управленческого учета. Назрела потребность более активно применять в учебном процессе технологии видеоконференц-связи, вебинары и сервисы потокового вещания видео.

Очевидно, что информатизация высшей школы сможет дать необходимый социальный и экономический эффект только в том случае, если создаваемые и внедряемые информационные технологии станут не инородным элементом в традиционной системе высшего образования, а будут естественным образом интегрированы в нее, сочетаясь с традиционными технологиями обучения [3].

К основным современным технологическим тенденциям в области информатизации образовательной деятельности вуза можно отнести: виртуализацию и «облачные» вычисления; визуализацию, вебинары и видеоконференц-связь; использование виртуальных сред (блоги и wiki) в рамках портала ДОННУ, что создаст для преподавателей новые возможности формирования учебных ресурсов; использование системы дистанционного обучения, такой как Moodle позволяет студентам иметь доступ к личному кабинету, к различным образовательным ресурсам в любое время и с любого компьютера, имеющего подключение к сети Интернет в формате 24 часа / 7 дней в недели; использование средств Google; использование вузами сервисов социальных сетей для продвижения образовательных услуг, создание студентами в социальных сетях групп по интересам и общения друг с другом при подготовке к экзаменам и выполнении курсовых работ [4].

Заключение. Таким образом, следует сказать о том, что совершенствование отраслевой системы документации ВПО в ДНР возможно в случае скоординированности действий администраций вузов с профилирующим министерством, создания программ государственной поддержки в сфере информатизации вузов с целью развития образовательного пространства республики.

Список литературы

1. Дуккардт, А.Н. Облачные технологии в образовании / А. Н. Дуккардт, Д. С. Саенко, Е. А. Слепцова // Открытое образование. – 2014. – №3. – С. 68-69.
2. Нагаева, И. А. Виртуальное образовательное пространство вуза как эффективная форма организации педагогического процесса / И. А. Нагаева // Межвузовский сборник научных трудов "Инновационные технологии" / Выпуск № 5. "Информационные системы и технологии". – М.:НОУ ВПО "ИГУПИТ". – 2012. – С. 160–165.
3. Рюмшина, Е. В. Перспективы трансформации отраслевой системы документации в сфере высшего профессионального образования / Е. В. Рюмшина // Теория и практика общественного развития. – 2012. – № 12.
4. Крюков, В. В. Информационные технологии в университете: стратегия, тенденции, опыт / В. В. Крюков, К. И. Шахгельдян // Университетское управление: практика и анализ. – 2012. – № 4.

ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОЙ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ИНФОБИЗНЕСА

Митрохина Е.А., канд. экон. наук.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

mitrohinalena@mail.ru

Введение. На современном этапе информация все больше является определяющим фактором и служит основой для принятия управленческих решений на всех уровнях, что заставляет переоценивать ее значение во всех сферах жизнедеятельности.

Необходимость обладания нужной информацией обосновывает развитие информационного бизнеса (инфобизнеса), то есть вида коммерческой деятельности, основанной на продаже информации. В таком контексте информация приобретает свойства товара, который становится все более востребованным и приобретает большую стоимость.

Актуальность работы. Возросший интерес к инфобизнесу в последнее время обосновывает необходимость рассмотрения возможных стратегий его осуществления и развития, а также выбора наиболее подходящей для каждого конкретного случая. Все это определяет актуальность выбранной темы работы.

Цель работы – выделить возможные стратегии развития информационного бизнеса и дать рекомендации для выбора наиболее эффективной.

Для исследования используются следующие **методы**: общенаучные – анализ, синтез, индукция, дедукция, метод логического обобщения и абстрагирования.

Для реализации цели проведен анализ литературы по исследуемой тематике и выявлен перечень применяемых стратегий развития в практической деятельности инфобизнесменов, определен ряд критериев для выбора необходимой стратегии.

Результат. В последнее время инфобизнес приобретает все большую популярность, появляются новые инструменты и стратегии для его осуществления [2, 3]. Однако на данном этапе отсутствует единый подход к выделению стратегий развития информационного бизнеса.

В ходе анализа литературы [1, 4, 5, 7] можно выделить шесть основных концепций, которые успешно себя зарекомендовали в информационном бизнесе:

1. Стратегия интернет предпринимателя – наиболее простая стратегия, поскольку предполагает выбор ниши, создание информационных продуктов и услуг на коммерческой основе и их

продажу. Однако выбор такой стратегии предполагает наличие у инфобизнесмена наиболее востребованного для человека товара или услуги, отказаться от которой он не сможет;

2. Стратегия продвижения личности или «Я-стратегия» – данная стратегия предполагает продвижение собственной личности инфобизнесмена. Считается, что информационный продукт, каким бы он ни был необходимым в данный промежуток времени, через время забудется и утратит свою актуальность, а информация о личности останется в памяти. Данную стратегию выбирают, когда инфобизнесмен еще не определился с нишей, так как если он соберется ее менять или создать что-то новое, его успех будет зависеть от прошлой результативности. Следует отметить, что существуют способы быстрого продвижения собственной личности, к числу которых относятся: написание книг; выступление на конференциях, вебинарах (особенно чужих); интервью; рассказы о себе, когда инфобизнесмен рассказывает об информационном продукте;

3. Стратегия блоггера – это стратегия пассивного дохода в инфобизнесе. Предполагает развитие и предложение собственного блога (или сайта), первое время без предоставления платных услуг, только раскручивая себя и свой сайт. Монетизация бизнеса происходит после того, как блог станет достаточно популярным, и предполагает размещение рекламы, партнерских ссылок с рекомендацией товаров и услуг и прочее;

4. Стратегия продажи внедрения – стратегия предполагает не продажу самой информации, а продажу знаний инфобизнесмена, помощь во внедрении теоретической информации в практической деятельности, поддержку и мотивацию со стороны инфобизнесмена. Иными словами это индивидуальный подход к каждому клиенту;

5. Стратегия партнерских продаж – является базовой стратегией продаж в информационном бизнесе. Данная стратегия предполагает создание партнерств с другими инфобизнесменами в родственных нишах;

6. Стратегия «плана действий» – считается, что самая простая стратегия развития в информационном бизнесе – это наличие готового плана деятельности на определенный период (месяц, квартал, год). Инфобизнесмены, которые выбирают данную стратегию, всегда знают что будет дальше, могут готовиться к каждому событию и, как следствие, продавать больше, то есть осуществлять свою деятельность не торопясь и без существенных ошибок.

Каждая из перечисленных стратегий позволяет развивать свой собственный информационный бизнес. Следует отметить, что выбор конкретной стратегии развития основывается на желании инфобизнесмена, на информационном продукте, который планирует он «продавать», на нише, которую он выбрал, и других критериях [6].

Многие инфобизнесмены объединяют в своей деятельности несколько из предложенных стратегий и искусно их сочетают для получения большего эффекта [4].

В **заключении** стоит отметить, что в современном мире процесс развития информационного бизнеса становится осознанной необходимостью и неотъемлемой частью процесса. Чтобы сделать инфобизнес наиболее эффективным инструментом продаж, необходимо не только создавать и развивать информационные продукты и услуги, но и внедрять новые подходы, инструменты, технологии, концепции и стратегии.

Особенно важным этапом в осуществлении инфобизнеса является выбор стратегии, которая позволит определить вектор развития бизнеса и принести своему владельцу наибольший доход.

Список литературы

1. Курников, С. Инфобизнес – собственный мозг как источник дохода // INFOBIZWORLD.RU : Мир, в котором можно зарабатывать. Рубрика: Всё об Инфобизнесе. 2014. URL: <http://infobizworld.ru/category/vsyo-ob-infobiznese/> (дата обращения: 17.09.2018).
2. Мрочковский, Н. С. Инфобизнес на полную мощность / Н.С. Мрочковский– СПб.: Питер, 2012. – 224 с.
3. Парабеллум, А. Инфобизнес с нуля / А. Парабеллум, Н. Мрочковский, О. Горячо. - СПб.: Питер, 2013. – 192 с.
4. Челпаченко, В. Эффективные стратегии инфобизнеса // Блог Владислава Челпаченко. 2011. URL: <http://www.chelpachenko.ru/vsyo-ob-infobiznese/effektivnye-strategii-infobiznesa.html> (дата обращения: 18.09.2018).
5. Четыре вечнозеленых стратегии инфобизнеса для стабильно высоких продаж // Блог и все письма Андрея Парабеллума и Infobusiness2.ru. 2017. URL: <http://infobusiness2.ru/blog/chetyre-vechnozelenyh-strategii-infobiznesa-dlya-stabilno-vysokih-prodazh/> (дата обращения: 20.09.18).
6. Щербаков, А. И. Инфобизнес как виртуальный фактор экономического роста / А. И. Щербаков // Вестник КемГУ. – 2011. – № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/infobiznes-kak-virtualnyy-faktor-ekonomicheskogo-rosta> (дата обращения: 18.09.2018).
7. 5 стратегий развития вашего инфобизнеса // Мир современных медиа – GENEFIS.RU. 2014. URL: <http://genefis.ru/view.php?id=53> (дата обращения: 20.09.18).

ОСОБЕННОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛА ВУЗА В УСЛОВИЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ЭКОНОМИКИ

Пономаренко Н.Ш., канд. экон. наук, доцент
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
tayapon@mail.ru

Введение. Оценка интеллектуальной составляющей обуславливается переходом к инновационно-ориентированной экономике, ключевой особенностью которой становится необходимость учиться в течение всей жизни, а значит инновации, интеллектуальная работа и знания выступают ведущими факторами развития предприятия и общества в целом.

Для успешной самореализации в профессиональной деятельности требуется всё больше знаний и умений, способностей, не заложенных в образовательную программу учебных заведений.

В этих условиях особого внимания требуют: инновационного преобразования потенциала вуза за счет трансформации базовых функций и формирования новых, создание особой виртуальной электронной образовательной среды, развитие системы многоуровневого непрерывного профессионального образования и т.д.

Актуальность (социальная значимость) определяется приобретением работников надпрофессиональных навыков и необходимостью искать новые возможности деятельности человека.

Овладение знаниями, ориентированные на уникальность и неповторимость, позволит работнику раскрыть свои новые потребительские качества на рынке профессий, что дает основание утверждать о том, что, на первый план подготовки специалистов выходят междисциплинарные связи, а не фундаментальность.

Характер существующего положения требует разработки обобщающего исследования, посвященного сути модернизационных процессов высшего образования, особенно в ходе интеграции в российское образовательное пространство.

Целью настоящего исследования послужило определение адаптационных возможностей вузов к требованиям меняющейся ситуации.

Для исследования используются следующие **методы**: логического анализа и синтеза, обобщения, документального анализа.

Результат. Наиболее значимыми надпрофессиональными навыками для работников будущего, по мнению работодателей, являются: системное мышление; умение работать с коллективами, группами и отдельными людьми, а также в условиях неопределенности; умение программировать

на базовом уровне; свободное владение английским и знание второго языка; понимание национального и культурного контекста стран-партнеров; способность к художественному творчеству, наличие развитого эстетического вкуса; умение управлять проектами и процессами [1].

Необходимо отметить, что в настоящее время в Донецкой Народной Республике, наблюдаются острые противоречия между рынком труда и реальным состоянием использования интеллектуального потенциала населения. Несмотря на то, что в Республике огромное количество студентов, выпускников и возможность получить дополнительное профессиональное образование, предприятия большинства отраслей экономики страдают от недостатка квалифицированного персонала.

Это обуславливается многими причинами, основными из которых можно указать следующие:

1. Деформация стимулов к образовательно-профессиональному развитию.

2. Либерализация образования: доступность высшего профессионального образования и обесценивание среднего профессионального образования, как первого этапа построения карьеры; упрощение образовательного процесса.

3. Отсутствие механизмов взаимодействия и контроля системы обучения со стороны работодателя.

4. Расширение сферы образовательных услуг и их несоответствие требованиям работодателей.

5. Слабый спрос бизнеса на научные разработки.

6. Сложность оценки реально приобретаемых профессиональных навыков.

Заметно изменилось отношение предприятий к интеллектуальному капиталу в период кризиса и зависит от динамики социально-экономических процессов. Очевидно, что фундаментальные знания вытесняются знаниями практическими, специализированными.

Выводы. В нынешних условиях ситуацию возможно актуализировать, если руководство республики, министерств и вузов будет стратегически переориентировано и найдет возможность восстановить наиболее положительные традиции отечественного образования и сформировать новые функции системы высшего профессионального образования.

Для этого необходимо проводить гибкую политику в сфере высшего образования и отвести вузам ключевую роль «генераторов» новых знаний и передачи их непосредственно в сектор производства.

Однако данные преобразования следует проводить, в том числе, не при безусловном доминировании чиновников-управленцев над учеными и преподавателями, а при тесном взаимодействии тех и других. Следует сократить количество бумажной отчетности, что позволит высвободить

время для творческого подхода к занятиям и организации плодотворных учебных мероприятий.

Таким образом, инновационное преобразование потенциала вуза в условиях формирования инновационно-ориентированной экономики сопровождается обновлением его содержания и функций, предполагает развитие нового вектора развития.

Основной задачей в современных условиях является переход к качественно новому состоянию, устойчивому к изменениям во внешней среде, конкурентоспособному, новаторскому [2].

Список литературы

1. Мир глазами профессий будущего. URL: [http:// atlas100.ru/future/](http://atlas100.ru/future/) (дата обращения: 29.09.18).
2. Резник, Г. А. Функции российского университета в условиях формирования инновационно-ориентированной экономики / Г. А. Резник, М. А. Курдова // Интеграция образования. – 2017. – Т. 21, № 3. – С. 441–458. URL: <http://edumag.mrsu.ru/content/pdf/17-3/07.pdf> (дата обращения: 29.09.18).

Математический анализ и дифференциальные уравнения

УДК 517.444

ТЕОРЕМЫ ТИПА МОРЕРЫ НА ГРУППЕ ГЕЙЗЕНБЕРГА

Волчков В. В., д-р физ.-мат. наук, проф.,
Волчков Вит. В., д-р физ.-мат. наук, проф.
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
valeriyvolchkov@gmail.com

Характеризация голоморфных функций в терминах различных интегральных условий изучалась многими авторами. В ряде работ последних десятилетий рассматривался случай, когда контуры интегрирования в интегральном условии конгруэнтны (относительно некоторой группы) одному или нескольким фиксированным контурам. Формула Грина показывает, что указанные варианты классической теоремы Мореры тесно связаны с известным преобразованием Помпейю, которое было предметом активных исследований, начиная с семидесятых годов двадцатого века (см. [1–3] и имеющуюся там библиографию).

В данной работе изучаются классы функций, удовлетворяющих взвешенным условиям типа Мореры вида

$$\int_{|w|=r} f(z-w) e^{\frac{i}{2} \operatorname{Im}(z\bar{w})} dw = 0, \quad (1)$$

где r является фиксированным числом или принадлежит заданному двухэлементному множеству. Интерес к уравнению (1) обусловлен тем, что оно тесно связано с CR -функциями на группе Гейзенберга, которая широко используется в различных областях математики. Напомним, что классическая группа Гейзенберга $\mathbf{H}$ представляет собой множество $C \times R$ с законом умножения

$$(z, t)(w, s) = \left(z + w, t + s + \frac{1}{2} \operatorname{Im}(z\bar{w}) \right), \quad z, w \in C, \quad t, s \in R$$

(см. [4, § 1.2]). Функции f на $\mathbf{H}$, удовлетворяющие уравнению

$$\left(\frac{\partial}{\partial \bar{z}} - i \frac{z}{4} \frac{\partial}{\partial t} \right) f(z, t) = 0,$$

называются CR -функциями на группе $\mathbf{H}$.

Ряд теорем типа Мореры для CR -функций на $\mathbf{H}$ был установлен М. Аграновским, К.А. Беренстейном, С. Сангавелу и др. (см. [1–3]). Наличие экспоненты в (1) препятствует простой связи между Помпейю и

Морера свойствами на $\mathbf{H}$, которая существует в обычной евклидовой ситуации. В связи с этим, доказательство теорем типа Мореры на $\mathbf{H}$ требует значительных усилий. Ранее существенно использовалась тауберова теорема для подалгебры радиальных функций из $L^1(\mathbf{H})$, принадлежащая А. Хуланики и Ф. Риччи, а также спектральная теория, развитая Р. Стрихарцем. Соответственно, прежние результаты в этом направлении носили глобальный характер и включали ограничения на рост функции на бесконечности.

Принципиальное отличие наших методов состоит в том, что уравнение (1) изучается локально, а именно для $f \in C(B_R)$, где

$B_R = \{z \in \mathbb{C} : |z| < R\}$, $R \in (r, \infty)$. В этом случае получено описание функций с условием (1), доказана теорема единственности, а также найдена характеристика решений уравнения

$$\frac{\partial f}{\partial \bar{z}}(z) - \frac{z}{4} f(z) = 0 \quad (2)$$

в терминах указанных интегральных средних. Методы доказательства основных результатов основаны на теории трансмутационных операторов на фазовом пространстве группы Гейзенберга, развитой авторами в [3]. Они позволяют получить локальную теорему типа Мореры для CR -функций на группе Гейзенберга. Отметим также, что получены некоторые промежуточные результаты, представляющие самостоятельный интерес.

Список литературы

1. Volchkov V.V. Integral geometry and convolution equations. – Dordrecht: Kluwer, 2003. – 454 p.
2. Volchkov V.V., Volchkov Vit.V. Harmonic analysis of mean periodic functions on symmetric spaces and the Heisenberg group. – London: Springer, 2009. – 671 p.
3. Volchkov V.V., Volchkov Vit.V. Offbeat integral geometry on symmetric spaces. – Basel: Birkhäuser, 2013. – 592 p.
4. Thangavelu S. Lectures on Hermite and Laguerre Expansions. – Princeton: Princeton Univ. Press, 1993. – 195 p.

УДК 517.984.7

КРЕЙНОВСКОЕ РАСШИРЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ОПЕРАТОРА ЧЁТНОГО ПОРЯДКА

Грановский Я.И., инж. I категории,

ГУ «Институт прикладной математики и механики», г. Донецк
yarvodoley@mail.ru

Введение. Пусть A – полуограниченный симметрический оператор в сепарабельном пространстве H . Хорошо известно, что оператор A имеет

самосопряжённые расширения с сохранением нижней границы (см. [1, гл. VIII]). Во множестве $\text{Ext}_A(0, \infty)$ всех неотрицательных самосопряжённых расширений оператора A существуют два «экстремальных» расширения $\hat{A}_F$ и $\hat{A}_K$, выделяемые неравенствами

$$(\hat{A}_F + x)^{-1} \leq (\tilde{A} + x)^{-1} \leq (\hat{A}_K + x)^{-1}$$

для всех $x \in (0, \infty)$ и любого $\tilde{A} \in \text{Ext}_A(0, \infty)$. Расширение $\hat{A}_F$ называется фридриховым (или «жёстким» расширением), а расширение $\hat{A}_K$ называется крейновским (или «мягким» расширением).

В случае $A > \varepsilon I > 0$ М.Г. Крейном показано (см. [2, ч. I]), что $\hat{A}_K = A^* \upharpoonright (\text{dom} A \dot{+} \ker A^*)$. В случае $A \geq 0$ расширения $\hat{A}_F$ и $\hat{A}_K$ в терминах абстрактных граничных условий впервые описаны в работе [7]. Именно, там показано, что

$$\begin{aligned} \text{dom} \hat{A}_K &= \{f \in \text{dom} A^* : \Gamma_1 f = M(0)\Gamma_0 f\}, \\ \text{dom} \hat{A}_F &= \{f \in \text{dom} A^* : \Gamma_1 f = M(-\infty)\Gamma_0 f\}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $M(0) = M(0-)$ – предельное значение функции Вейля в нуле, а $M(-\infty)$ – предельное значение функции Вейля в минус бесконечности.

Описание фридрихова расширения вне связи с соотношениями (1) известно во многих случаях. Например, для обыкновенных дифференциальных операторов на конечном промежутке и полуоси расширение $\hat{A}_F$ приводит к задаче Дирихле. М.Г. Крейном описано (см. [2, ч. II]) фридрихово расширение дифференциального оператора порядка $2n$ на конечном интервале. Для сингулярного оператора Штурма-Лиувилля вида $tu = (1/k) \left[-(pu')' + qu \right]$ в пространстве $L^2(\mathbb{R}_+)$ фридрихово расширение описано в работе [9]. В работе [4] найдена связь крейновского расширения положительно определённого оператора с оператором абстрактной задачи продольного изгиба. Изучение крейновского расширения для различных классов эллиптических задач содержится в работах [5, 8, 11] (смотри также приведённую в них библиографию).

Однако задача явного нахождения предельного значения $M(0)$ является нетривиальной даже в случае положительно определённого оператора. В некоторых случаях это значение известно, например, [3, 6] (оператор Бесселя), [10] (оператор $Au = (-1)^n u^{(2n)}$ в $L^2(\mathbb{R}_+)$).

В настоящей работе мы исследуем минимальный оператор $A := A_{\min}$, ассоциированный с выражением

$$\mathcal{A} = (-1)^n d^{2n}/dx^{2n}, \quad \text{dom} A = W_0^{2n,2}[a, b], \quad n \in \mathbb{N}, \quad (2)$$

на отрезке $[a, b]$, и описываем его крейновское расширение в терминах граничных условий.

Основной результат. Основной результат данной работы содержит следующая теорема.

Теорема. Пусть A – минимальный оператор, определённый выражением (2). Тогда область определения крейновского расширения $\hat{A}_K$ имеет вид:

$$\text{dom} \hat{A}_K = \left\{ f \in W^{2n,2}[a, b] : \begin{pmatrix} f^{(2n-1)}(b) \\ \dots \\ f(b) \end{pmatrix} = T \begin{pmatrix} f^{(2n-1)}(a) \\ \dots \\ f(a) \end{pmatrix} \right\},$$

где T – трёхдиагональная матрица, определяемая равенством

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ b-a & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{(b-a)^{2n-1}}{(2n-1)!} & \frac{(b-a)^{2n-2}}{(2n-2)!} & \dots & b-a & 1 \end{pmatrix} \in \mathbb{C}^{2n \times 2n}. \quad (3)$$

Список литературы

1. Ахиезер Н.И., Глазман И.М. Теория линейных операторов в гильбертовом пространстве. – М., 1996.
2. Крейн М.Г. Теория самосопряжённых расширений полуограниченных эрмитовых операторов и её приложения. I, II // Мат. сб. – 1947. – № 20. – С. 431 – 495; № 21. – С. 365 – 404.
3. Ananieva A.Yu., Budyka V.S. To the spectral theory of the Bessel operator on finite interval and half-line // J. of Math. Scien. – 2015. – V. 211, № 5. – P. 624 – 645.
4. Ashbaugh M.S., Gesztesy F., Mitrea M., et al. The Krein-von Neumann extension, its connection to an abstract buckling problem // Math. Nachr. – 2010. – V. 283, № 2. – P. 165 – 179.
5. Ashbaugh M.S., Gesztesy F., Mitrea M., Teschl G. Spectral theory for perturbed Krein Laplacians in nonsmooth domains // Adv. Mth. – 2010. – V. 223. – P. 1372 – 1467.
6. Bruneau L., Dereziński J., Georgescu V. Homogeneous Schrödinger Operators on the Half-Line // Ann. Henri Poincaré. – 2011. – V. 12. – P. 547 – 590.
7. Derkach V.A., Malamud M.M. Generalized resolvent and the boundary value problems for Hermitian operators with gaps // J. Funct. Anal. – 1991. – V. 95, № 1. – P. 1 – 95.
8. Gesztesy F., Mitrea M. A description of all self-adjoint extensions of the laplacian and Krein-type resolvent formulas on non-smooth domains // J. Analyse Math. – 2011. – V. 113. – P. 53 – 172.
9. Kalf H. A Characterization of the Friedrichs Extension of Sturm-Liouville Operators // J. London Math. Soc. – 1978. – V. 17, № 2. – P. 511 – 521.
10. Lunyov A.A. Spectral functions of the simplest even order ordinary differential operator // J. Methods Funct. Anal. Topology. – 2013. – V. 19, № 4. – P. 319 – 326.
11. Malamud M.M. Spectral theory of elliptic operators in exterior domains // Russ. J. Math. Phys. – 2010. – V. 17. – P. 96 – 125.

ЯВЛЕНИЕ МГНОВЕННОЙ КОМПАКТИФИКАЦИИ В СЛУЧАЯХ МЕДЛЕННОЙ И БЫСТРОЙ ДИФФУЗИИ С АБСОРБЦИЕЙ ДЛЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ С ДВОЙНОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ

Дегтярев С.П., д-р физ.-мат. наук

ГУ «Институт прикладной математики и механики», г. Донецк

degtyar@i.ua

Рассмотрена задача Коши в пространстве R^N , $N \geq 1$, для параболического уравнения с абсорбцией вида

$$\partial u^\beta / \partial t - \nabla(|\nabla u|^{p-2} \nabla u) + u^\lambda = 0, \quad (1)$$

$$u^\beta(x, 0) = u_0^\beta(x). \quad (2)$$

Данное уравнение представляет собой уравнение с двойной нелинейностью и двойным вырождением. При этом начальные данные $u_0^\beta(x)$ являются, вообще говоря, локально конечной положительной мерой Радона, β , p , λ – заданные положительные константы, и $\lambda < \min\{\beta, p-1\}$, что означает сильную абсорбцию. Мы вынуждены предположить также, что соответствующий показатель Баренблатта положителен, то есть

$$k = N(p-1-\beta) + \beta p > 0, \quad p, \beta, \lambda > 0, \quad (3)$$

так как известно, что в противном случае задача Коши (1), (2) вообще говоря, неразрешима с начальными данными мерами Радона.

Мы доказываем, что для задачи (1), (2) наблюдается явление мгновенной компактификации носителя, когда поведение начальных данных на бесконечности удовлетворяет некоторым условиям на бесконечности. Явление мгновенной компактификации носителя означает, что носитель решения становится компактным в любой бесконечно малый момент времени $t > 0$, несмотря на то, что в начальный момент времени он может совпадать со всем пространством R^N .

Установлены необходимые и достаточные условия для того, чтобы явление мгновенной компактификации имело место. Получены, также, точные двусторонние оценки размеров носителя решения в любой малый момент времени $t > 0$. Оценки размеров носителя даны в терминах поведения локальной вариации начальных данных на бесконечности (см. [1, 2]).

Список литературы

1. Degtyarev S.P. Conditions for instantaneous support shrinking and sharp estimates for the support of the solution of the Cauchy problem for a doubly non-linear parabolic equation with absorption // Sbornik: Mathematics. – 2008. – 199, № 4.

2. Degtyarev S.P. Instantaneous support shrinking phenomenon in the case of fast diffusion for a doubly nonlinear parabolic equation with absorption // Advances in Differential Equations. – 2008. – 13, № 11-12.

УДК 517.5+519.213

ПОЛОЖИТЕЛЬНО ОПРЕДЕЛЁННЫЕ ФУНКЦИИ И ТОЧНЫЕ НЕРАВЕНСТВА

Заставный В.П., д-р физ.-мат. наук, доцент
ГОУ ВПО “Донецкий национальный университет”, г. Донецк
zastavn@rambler.ru

Пусть φ положительно определённая на $\mathbb{R}$ функция, а μ – соответствующая мера Бохнера. Для фиксированных $\varepsilon, \tau \in \mathbb{R}, \varepsilon \neq 0$, рассмотрим линейный оператор $A_{\varepsilon, \tau}$, порождённый функцией φ :

$$A_{\varepsilon, \tau}(f)(t) := \int_{\mathbb{R}} e^{-i u \tau} f(t + \varepsilon u) d\mu(u), \quad t \in \mathbb{R}, \quad f \in C(T).$$

Пусть функция J выпукла вниз и не убывает на $[0, +\infty)$. Доказаны точные неравенства ($1 \leq p \leq \infty, f \in C(T)$):

$$\|A_{\varepsilon, \tau}(f)\|_p \leq \varphi(0) \|f\|_p; \quad \int_T J(|A_{\varepsilon, \tau}(f)(t)|) dt \leq \int_T J(\varphi(0) |(f)(t)|) dt,$$

и получены критерии экстремальной функции. Более детально разобран случай, когда $\varepsilon = 1/n, n \in \mathbb{N}, \tau = 1, \varphi(x) = e^{i\beta x} \psi(x)$, где $\beta \in \mathbb{R}$, а функция ψ является 2-периодической и положительно определённой. В свою очередь, рассмотрен более детально случай, когда 2-периодическая функция ψ построена с помощью финитной положительно определённой функции g . Рассмотрен случай, когда функция g является непрерывной, чётной, неотрицательной, убывает и выпукла вниз на положительной полуоси и имеет компактный носитель. Этот случай связан с положительной определённой кусочно-линейной функции [1]. Как частный случай получается неравенство Бернштейна-Сеге для производной $f^{(r, \beta)}(t)$ в смысле Вейля-Надя для тригонометрических полиномов. Получены общие интерполяционные формулы для периодических функций и тригонометрических полиномов, которые включают в себя известные интерполяционные формулы М. Рисса, Г. Сеге и А.И. Козко для производной $f^{(r, \beta)}(t)$ тригонометрических полиномов. Доказано, что все коэффициенты в этих формулах при $r > 1$ строго положительны.

Список литературы

1. Manov A., Zastavnyi V. Positive definiteness of piecewise-linear function // Expositiones Mathematicae. – 2017. – Vol. 35. – I. 3. – P. 357-360.

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ОБОБЩЕННЫХ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Клово А.Г.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, Россия
klovo_ag@mail.ru

Тригонометрические и гиперболические системы функций хорошо известны и широко используются. Их можно рассматривать как упорядоченные наборы двух функций, которые при дифференцировании переходят друг в друга. При этом последняя переходит в первую соответственно со знаком «плюс» или «минус». Кроме того, последние функции этих наборов в точке 0 равны 1, а предыдущие там равны 0.

Можно ли рассматривать подобные системы, состоящие из большего числа функций? В работах [1–4] использовались функции, которые при взятии четвертой производной переходили в функции, пропорциональные первоначальным. В данной работе показаны свойства таких систем функций, содержащих четное число различных функций. Доказательства теорем 1-5 приведены в работе [5].

Определение 1. Система функций $\{K_i(x)\}$, $i \in Z$ называется обобщенной тригонометрической системой первого рода порядка m , если для всех $i \in Z$ выполнены соотношения: $(K_i(x))' = K_{i+1}(x)$, $K_{i-m}(x) = K_i(x)$, $K_i(0) = 0$ при $i \equiv 0 \pmod{m}$, $K_m(0) = 1$.

Определение 2. Система функций $\{\Phi_i(x)\}$, $i \in Z$ называется обобщенной тригонометрической системой второго рода порядка m , если для всех $i \in Z$ выполнены соотношения: $(\Phi_i(x))' = \Phi_{i+1}(x)$, $\Phi_{i-m}(x) = -\Phi_i(x)$, $\Phi_i(0) = 0$ при $i \equiv 0 \pmod{m}$, $\Phi_m(0) = 1$.

Введенные системы функций будем сокращенно обозначать $o.m.c.[m;r]$, $m \in N$, $r \in \{1;2\}$ (обобщенная тригонометрическая система порядка m , рода r) или просто $o.m.c.$, если ясно, о какого типа системе идет речь. Первую функцию $o.m.c.[m;r]$ можно получить как решение задачи Коши: $y^{(m)} + (-1)^r y(x) = 0$, $y(0) = y'(0) = \dots = y^{(m-2)}(0) = 0$, $y^{(m-1)}(0) = 1$, поэтому $o.m.c.$ заданного типа существует и единственна.

Определение 3. Для $o.m.c.[m;2]$ функции вида $Tg_{i,j,m}(x) = \frac{\Phi_i(x)}{\Phi_{i+j}(x)}$,

$Ctg_{i,j,m}(x) = \frac{\Phi_{i+j}(x)}{\Phi_i(x)}$, $0 < j < m$ называются соответственно тангенсами и котангенсами данной $o.m.c.$ второго рода.

Теорема 1. Обобщенные тригонометрические системы четного порядка $m = 2n$ состоят из четных и нечетных функций, причем функции с нечетными номерами – нечетны, а функции с четными номерами являются четными функциями.

Теорема 2. Для *о.т.с.* четного порядка $m = 2n$ справедливы формулы:

$$K_i(x \pm y) = \sum_{j=1}^m (\pm 1)^{m+i-j} K_j(x) K_{m+i-j}(y), \quad \Phi_i(x \pm y) = \sum_{j=1}^m (\pm 1)^{m+i-j} \Phi_j(x) \Phi_{m+i-j}(y).$$

Теорема 3. Для *о.т.с.* четного порядка $m = 2n$ справедливы формулы (первые интегралы):

$$K_i^2(x) + (-1)^n K_{i+n}^2(x) = 2 \sum_{j=1}^{n-1} (-1)^{j-1} K_{i-j}(x) K_{i+j}(x) + (-1)^i (\delta_{i,n} + \delta_{i,2n}),$$

$$\Phi_i^2(x) + (-1)^{n-1} \Phi_{i+n}^2(x) = 2 \sum_{j=1}^{n-1} (-1)^{j-1} \Phi_{i-j}(x) \Phi_{i+j}(x) + (-1)^i (\delta_{i,2n} - \delta_{i,n}).$$

Теорема 4. Для *о.т.с.* четного порядка $m = 2n$ справедливы формулы (вторые интегралы):

$$\int K_i^2(x) dx = \sum_{j=0}^{n-1} (-1)^j \frac{2n-1-2j}{2n} K_{i+j}(x) K_{i-1-j}(x) + \frac{(-1)^i (\delta_{i,n} + \delta_{i,2n}) x}{2n} + C,$$

$$\int \Phi_i^2(x) dx = \sum_{j=0}^{n-1} (-1)^{j-1} \frac{2n-1-2j}{2n} \Phi_{i+j}(x) \Phi_{i-1-j}(x) + \frac{(-1)^i (\delta_{i,2n} - \delta_{i,n}) x}{2n} + C.$$

Теорема 5. Для *о.т.с.* четного порядка $m = 2n$ функция $\Phi_i(x)$ имеет бесконечную, не имеющую предельных точек, последовательность нулей. Соответственно, функции $Tg_{i,j,m}(x)$, $Ctg_{i,j,m}(x)$ дифференцируемы при $x > 0$ за исключением нулей знаменателя, причем при этом $(Tg_{i,j,m}(x))' > 0$, $(Ctg_{i,j,m}(x))' < 0$.

Список литературы

1. Пузыревский Н.П. Расчеты фундаментов. Петроград, изд. И.И.П.С., 1923.
2. Крылов А.Н. О расчете балок, лежащих на упругом основании. Л., изд. АН СССР, 1931.
3. Филиппов А.П. Методы расчета сооружений на колебания. – М., Л., Стройиздат Наркомстром, 1940.
4. Клово А.Г. Некоторые вопросы колебаний кварцевых резонаторов с одним держателем. Физические основы микроэлектроники. Сб. трудов МИЭТа, – М., 1979. – С. 58-65.
5. Клово А.Г. Задачи на собственные значения для одного линейного параметризованного оператора. Деп. ВИНТИ № 5428-80, 24 дек. 1980, 34с.

О ХОПФОВОСТИ ПОЛИГОНОВ НАД ГРУППАМИ

*Кожухов И.Б., Колесникова К.А.*Национальный исследовательский университет «МИЭТ», МГУ им. М.В.Ломоносова
kozuhov_i_b@mail.ru, ksenya.koless@gmail.com

Универсальная алгебра A называется *хопфовой*, если всякий сюръективный эндоморфизм $\varphi: A \rightarrow A$ является автоморфизмом. Хопфовость является условием конечности, так как все конечные алгебры, очевидно, хопфовы. В работе [1] В.К.Карташов доказал, что все конечно порождённые коммутативные полигоны над полугруппой являются хопфовыми. Цель данной работы – найти условия хопфовости конечно порождённого унитарного полигона над группой.

Напомним, что *полигоном над полугруппой* называется множество X , на котором действует полугруппа S , т.е. определено отображение $X \times S \rightarrow X$, $(x, s) \mapsto xs$, удовлетворяющее условию $x(st) = (xs)t$ при всех $x \in X$, $s \in S$ (см. [2]). Следует отметить, что полигон над полугруппой является алгебраической моделью абстрактного *автомата*. Кроме того, понятие полигона фактически тождественно понятию *унарной алгебры*, т.е. алгебры, у которой все операции сигнатуры унарны (операциями полигона X являются отображения $x \mapsto xs$ для фиксированного $s \in S$). Пусть S – полугруппа с единицей e , тогда полигон X называется *унитарным*, если $xe = x$ для всех $x \in X$. Если полигон X представим в виде объединения попарно не пересекающихся подполигонов X_i ($i \in I$), то мы будем называть X *копроизведением* полигонов X_i и писать $X = \coprod_{i \in I} X_i$.

Пусть G – группа и H – её подгруппа (не обязательно нормальная). Обозначим через G/H множество всех правых смежных классов Hg . Множество G/H является унитарным полигоном над группой G относительно действия $Hg \cdot g' = Hgg'$. Нетрудно проверить, что любой циклический унитарный полигон над группой G изоморфен одному из полигонов G/H , а всякий унитарный конечно порождённый полигон изоморфен копроизведению $G/H_1 \sqcup \dots \sqcup G/H_n$, где $H_1, \dots, H_n$ – некоторые подгруппы.

Неунитарные полигоны над группой также могут быть описаны в теоретико-множественных и теоретико-групповых терминах. Это было сделано в теореме 4 работы [3].

Несложно доказывается следующее утверждение.

Предложение. Пусть $X_1, \dots, X_n$ – полигоны над полугруппой S . Тогда:

1. Если полигон $X_1 \sqcup \dots \sqcup X_n$ хопфов, то все X_i ($1 \leq i \leq n$) хопфовы.
2. Если $X_1, \dots, X_n$ – циклические хопфовы полигоны, то полигон $X_1 \sqcup \dots \sqcup X_n$ хопфов.

Заметим, что полигоны G/H над группой G являются простыми (в смысле отсутствия нетривиальных подполигонов), поэтому любой гомоморфизм $G/H \rightarrow G/H'$ сюръективен. Условия существования хотя бы одного гомоморфизма $G/H \rightarrow G/H'$ даёт следующее легко проверяемое утверждение.

Утверждение. Гомоморфизм $G/H \rightarrow G/H'$ существует в том и только том случае, когда $H \subseteq a^{-1}H'a$ для некоторого $a \in G$.

Это утверждение и приведённое выше предложение позволяют охарактеризовать унитарные конечно порождённые полигоны над группой, обладающие свойством хопфовости.

Теорема. Полигон $G/H_1 \sqcup \dots \sqcup G/H_n$ хопфов в том и только том случае, когда для любого $i \in I$ и любого $a \in G$ включение $H_i \subseteq a^{-1}H_i a$ влечёт равенство $H_i = a^{-1}H_i a$.

Отметим, что в бесконечной группе G возможно наличие подгрупп H таких, что имеет место строгое включение $H \subset a^{-1}Ha$, – см. §11 монографии [4].

Список литературы

1. Карташов В.К. Независимые системы порождающих и свойство Хопфа для унарных алгебр. Дискретная матем., 2008, т. 20, вып. 4, с. 79-84.
2. Kilp M., Knauer U., Mikhalev A.V. Monoids, acts and categories. Berlin – New York: W. de Gruyter, 2000.
3. Максимовский М.Ю. О биполигонах и мультиполигонах над полугруппами. Мат. заметки, 2010, т. 87, № 6, с. 855-866.
4. Курош А.Г. Теория групп. М., “Наука”, 1967.

АПРИОРНЫЕ ОЦЕНКИ ДЛЯ МИНИМАЛЬНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ОПЕРАТОРОВ В $\mathcal{C}(\mathbb{R}^n)$

Лиманский Д.В., канд. физ.-мат. наук, доц., ст. науч. сотр.
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк,
ГУ «Институт прикладной математики и механики», г. Донецк
4125aa@gmail.com

Пусть Ω — область в $\mathbb{R}^n$, $p \in [1; \infty]$. Рассматривается задача об описании линейного пространства $L(P)$ минимальных дифференциальных операторов $Q(D)$, подчиненных данному дифференциальному полиному $P(D)$ в $L^p(\Omega)$, т. е. удовлетворяющих априорной оценке

$$\|Q(D)f\|_{L^p(\Omega)} \leq C_1 \|P(D)f\|_{L^p(\Omega)} + C_2 \|f\|_{L^p(\Omega)}, \quad f \in C_0^\infty(\Omega),$$

с константами $C_k > 0$, не зависящими от f ; $D_j = \frac{1}{i} \frac{\partial}{\partial x^j}$, $D = (D_1, \dots, D_n)$.

В докладе рассматривается случай $p = \infty$, $\Omega = \mathbb{R}^n$ и тензорного произведения $P(D) = \bigotimes_{j=1}^m P_j(D)$ нескольких дифференциальных операторов, зависящих от различных групп переменных, т. е.

$$P(D) = P_1(D_1, \dots, D_{p_1}) \otimes P_2(D_{p_1+1}, \dots, D_{p_2}) \otimes \dots \otimes P_m(D_{p_{m-1}+1}, \dots, D_n).$$

Эта задача впервые была исследована в [1] для $m = 2$ и эллиптических дифференциальных полиномов-сомножителей. Позже пространство $L(P)$ в ряде случаев было описано для тензорного произведения двух обыкновенных дифференциальных операторов (см. [2, 3]).

В настоящем докладе пространство $L(P)$ описано для нескольких примеров дифференциальных операторов $P(D)$, равных тензорному произведению трех обыкновенных дифференциальных операторов с символами, имеющими нули различной кратности из множества $\{0; 1; \pm i\}$. Доказательства этих результатов основаны как на методах гармонического анализа, так и на технике многогранника Ньютона.

Список литературы

1. Лиманский Д. В. Эллиптические и слабо коэрцитивные системы операторов в пространствах Соболева / Д.В. Лиманский, М.М. Маламуд // Матем. сборник. — 2008. — Т. 199. — № 11. — С. 75–112.
2. Лиманский Д.В. О подчиненности одного дифференциального оператора тензорному произведению других в пространстве $\mathcal{C}(\mathbb{R}^n)$ / Д.В. Лиманский // Вестник Донецкого нац. ун-та, сер. А «Естеств. науки». — 2017. — № 2. — С. 41–49.
3. Лиманский Д.В. Обобщения теоремы Бомана и априорные оценки для систем минимальных дифференциальных операторов / Д.В. Лиманский // Труды Института прикладной матем. и механики. — 2017. — Т. 31. — С. 118–133.

О ЕДИНСТВЕННОСТИ ПРОДОЛЖЕНИЯ ОДНОЙ ФУНКЦИИ ДО ПОЛОЖИТЕЛЬНО ОПРЕДЕЛЁННОЙ

Манов А.Д.,

ГОУ ВПО “Донецкий национальный университет”, г. Донецк,
ГУ “Институт прикладной математики и механики”, г. Донецк,
manov.ad@ro.ru

Комплекснозначная функция $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{C}$ называется положительно определённой на $\mathbb{R}$ ($f \in \Phi(\mathbb{R})$), если для любого $n \in \mathbb{N}$, и для любых точек $\{x_i\}_{i=1}^n \subset \mathbb{R}$, а также для любого набора комплексных чисел $\{c_i\}_{i=1}^n \subset \mathbb{C}$ выполнено неравенство

$$\sum_{i,j=1}^n c_i \overline{c_j} f(x_i - x_j) \geq 0. \quad (1)$$

Обозначим символом F множество функций $\varphi \in \Phi(\mathbb{R}) \cap C(\mathbb{R})$ таких, что $\text{supp } \varphi \subset [-1, 1]$, $\varphi(0) = 1$ и $\varphi(x) = \varphi(-x)$, $x \in \mathbb{R}$. Не сложно проверить, что следующая функция принадлежит классу F :

$$(1 - |x|)_+ = \frac{1}{2\pi} \int_{\mathbb{R}} \frac{\sin^2(t/2)}{(t/2)^2} e^{itx} dt, \quad x \in \mathbb{R}.$$

В 1940 году М. Г. Крейн [1] доказал, что функцию $1 - |x|$ определённую в интервале $(-a, a)$, $a > 0$ можно продолжить до положительно определённой функции на $\mathbb{R}$ тогда и только тогда, когда $0 < a \leq 2$ и продолжение единственно лишь в случае $a = 2$

В данной работе рассматриваются следующие задачи.

Задача 1. Пусть $\varphi \in F$ и $a \in (0, 1]$. Требуется найти все такие a , что из $\varphi(x) = 1 - |x|$, $|x| \leq a$ вытекает, что $\varphi(x) = (1 - |x|)_+$, $x \in \mathbb{R}$.

Задача 2. Пусть $\alpha \in (0, 1/2]$. Требуется найти величину

$$e(\alpha) := \sup \left\{ \int_{1/2-\alpha}^{1/2+\alpha} \varphi(x) dx : \varphi \in F \right\}. \quad (2)$$

Если $\alpha = 1/2$, то экстремальная задача (2) является задачей Турана на $\mathbb{R}$, решение которой найдено Боасом и Кацом (см. [2]).

Следующая теорема даёт частичное решение Задачи 1.

Теорема 1.

- 1) Пусть $a \in (1/2, 1]$ и $\varphi \in F$. Если $\varphi(x) = 1 - |x|$ при $|x| \leq a$, то $\varphi(x) = (1 - |x|)_+$, $x \in \mathbb{R}$.

2) Пусть $a \in (0, 1/3]$. Тогда найдётся $\varphi \in F$ такая, что $\varphi(x) = 1 - |x|$ при $|x| \leq a$ и $\varphi(x) \neq (1 - |x|)_+$.

Следующая теорема даёт решение Задачи 2.

Теорема 2. $e(\alpha) = \alpha$, $\alpha \in (0, 1/2]$ и единственной экстремальной функцией является $(1 - |x|)_+$.

Доказательство Теоремы 1 и Теоремы 2 основано на следующем предложении, представляющем самостоятельный интерес.

Предложение 1. Пусть $\varphi \in F$. Следующие условия эквивалентны:

- 1) $\varphi(x) = (1 - |x|)_+$, $x \in \mathbb{R}$;
- 2) $\varphi(x_0) + \varphi(1 - x_0) = 1$ для некоторого $x_0 \in (0, 1)$, $x_0 \notin \mathbb{Q}$;
- 3) $\int_{1/2-\alpha}^{1/2+\alpha} \varphi(x) dx = \alpha$ для некоторого $\alpha \in (0, 1/2]$.

Замечание 1. Отметим, что утверждение $1) \Leftrightarrow 2)$, вообще говоря, не выполняется при $x_0 \in \mathbb{Q}$. Действительно, пусть $x_0 = p/q$, где $p, q \in \mathbb{N}$ и $0 < p < q$. Тогда функция $\varphi(x) := \cos(2\pi qx)(1 - |x|)_+ \in F$ и $\varphi(x_0) + \varphi(1 - x_0) = 1$.

Список литературы

1. Крейн М. Г. О проблеме продолжения эрмитово положительных непрерывных функций // Доклады АН СССР. – 1940. – Т. 26, № 1. – С. 17–20.
2. Boas R. P., Jr., Кас М. Inequalities for Fourier transforms of positive functions // Duke Math. J. – 1945. – V. 12, № 1. – P. 189–206.

УДК 517.988.28

О ФУНКЦИЯХ С НУЛЕВЫМИ ИНТЕГРАЛАМИ ПО ОТРЕЗКАМ

Машаров П.А., канд. физ.-мат. наук,

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

masharov.pavel.anatolievich@gmail.com

Пусть $\mathbb{R}^n$ – вещественное евклидово пространство размерности $n \geq 2$ с евклидовой нормой $|\cdot|$, $M(n)$ – группа движений $\mathbb{R}^n$. Для открытого множества $B \subset \mathbb{R}^n$ положим $Mot(A, B) = \{\lambda \in M(n): \lambda A \subset B\}$. Рассмотрим единичный отрезок $l_0 = \{x \in \mathbb{R}^n: 0 \leq x_1 \leq 1; x_j = 0, j = 2, 3, \dots, n\}$ и шар $B_R^n = \{x \in \mathbb{R}^n: |x| < R\}$.

Будем говорить, что $l_0 \in Motp_1(B)$, если для любой непрерывной в B функции $f: B \rightarrow \mathbb{R}$, из выполнения условия

$$\int_{\lambda l_0} f(x)|dx| = 0 \quad (1)$$

для любого $\lambda \in \text{Mot}(l_0, B)$ следует, что $f \equiv 0$ в B . Интеграл в (1) понимается как криволинейный интеграл первого рода, то есть по длине кривой. В нём $|dx| = ds$ – элемент длины дуги кривой.

По аналогии с экстремальными вариантами проблемы Помпейю (см., например, [1–2]), возникает следующая

Проблема. Для каждого $n \geq 2$ определить, верно ли $l_0 \in \text{Pomp}_1(\mathbb{R}^n)$, и, если да, найти величину

$$R_1^n(l_0) = \inf\{R > 0: l_0 \in \text{Pomp}_1(B_R^n)\}.$$

Заметим, что при изучении проблемы Помпейю и её локальных вариантов, размерность рассматриваемого множества совпадает с размерностью пространства. Если же здесь рассмотреть $n = 1$, то, учитывая свойства функции $\sin(2\pi x)$, легко показать, что единичный отрезок не является множеством Помпейю на прямой.

Основным результатом работы является следующее утверждение.

Теорема. Для любого $n \geq 2$ имеет место равенство $R_1^n(l_0) = 5/8$.

Пусть теперь (x, y) – скалярное произведение в $\mathbb{R}^n$. Будем говорить, что $l_0 \in \text{Pomp}_2(B)$, если для любой непрерывной в B вектор-функции $f: B \rightarrow \mathbb{R}^n$, из выполнения условия

$$\int_{\lambda l_0} (f(x), dx) = 0 \quad (2)$$

для любого $\lambda \in \text{Mot}(l_0, B)$ следует, что $f \equiv 0$ в B . Интеграл в (2) понимается как криволинейный интеграл второго рода, то есть по координатам. Возникает аналогичная предыдущей

Проблема. Для каждого $n \geq 2$ определить, верно ли $l_0 \in \text{Pomp}_2(\mathbb{R}^n)$, и, если да, найти величину

$$R_2^n(l_0) = \inf\{R > 0: l_0 \in \text{Pomp}_2(B_R^n)\}.$$

В работе получен утвердительный ответ на первый вопрос и некоторая грубая оценка величины $R_2^n(l_0)$. В дальнейшем автор планирует уточнить эту оценку.

Список литературы

1. Volchkov V.V. Integral Geometry and Convolution Equations / V.V. Volchkov. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. – 454 p.
2. Volchkov V.V. Offbeat Integral Geometry on Symmetric Spaces / V.V. Volchkov, Vit.V. Volchkov. – New York: Birkhauser, 2013. – 592 p.

ОПИСАНИЕ НУЛЕВЫХ РЕШЕНИЙ ОБЩЕЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ В ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОСТОЯННЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

Павлов А.Л., канд. физ-мат. наук

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

alex4909@gmail.com

Рассматривается общая краевая задача для дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами в полупространстве

$$P(\partial_x, D_y)u(x, y) \equiv \sum_{k=0}^m P_k(D_y) \partial_x^k u(x, y) = 0, \quad x \geq 0, \quad y \in R^n, \quad (1).$$

$$B_j(\partial_x, D_y)u(x, y)|_{x=0} \equiv \sum_{k=0}^{m_j} B_{jk}(D_y) \partial_x^k u(x, y)|_{x=0} = g_j(y), \quad j=1, \dots, r, \quad (2),$$

где $D_y = (D_{y_1}, \dots, D_{y_n})$, $D_{y_k} = -i \frac{\partial}{\partial y_k}$, $P_k(\sigma)$, $B_{jk}(\sigma)$ – многочлены,

$m \in N$, $m_j \in Z_+$, $j=1, \dots, r$.

Имеется множество работ, посвященных задаче (1), (2) для определенных типов уравнений. В достаточной общности эта задача была рассмотрена в [1–4]. В этих работах выделен класс регулярных уравнений, для которых рассмотрены некоторые краевые задачи в классе обобщенных функций, зависящих от параметра x , который состоит из квадратично интегрируемых функций и их обобщенных производных любого порядка, имеющих в этом пространстве определенное поведение при $x \rightarrow \infty$, а также в некоторых более широких классах. Классы единственности в пространствах степенного роста и убывания для рассматриваемой задачи, необходимые и достаточные условия корректности задачи (1), (2) в пространствах функций быстро убывающих по касательным переменным и имеющих экспоненциальное поведение на бесконечности по выделенной переменной, достаточные условия разрешимости задачи (1), (2) в пространствах обобщенных функций медленного роста по касательным переменным, для однородного и неоднородного уравнения описаны в работах [5 – 7].

Как и в случае эллиптических уравнений представляет интерес описание множества нулевых решений задачи (1), (2), т.е. ее решений при $g_j = 0$, $j=1, \dots, r$, в различных классах функций. Целью настоящей работы является описание нулевых решений задачи (1), (2) в классах обобщенных функций медленного роста.

Задача (1), (2) рассматривается для регулярных уравнений, которые являются аналогом корректных по Петровскому уравнений в теории задачи Коши.

Предположим, что $P_m(\sigma) \neq 0, \sigma \in R^n$. Тогда уравнение

$$P(\lambda, \sigma) \equiv \sum_{k=0}^m P_k(\sigma) \lambda^k = 0$$

имеет при каждом $\sigma \in R^n$ m корней. Занумеруем λ -корни этого уравнения в порядке неубывания вещественной части

$$\operatorname{Re} \lambda_1(\sigma) \leq \operatorname{Re} \lambda_2(\sigma) \leq \dots \leq \operatorname{Re} \lambda_i(\sigma) \leq \dots \leq \operatorname{Re} \lambda_m(\sigma).$$

Обозначим через G_k^a множество точек $\sigma \in R^n$, для которых $\operatorname{Re} \lambda_k(\sigma) \leq a$. Уравнение (1) называется регулярным, если существуют такие $a \in R$ и $r \in N$, что $G_r^a = R^n$, а $\operatorname{mes} G_{r+1}^a = 0$. Число r естественно называть порядком регулярности уравнения (1), а уравнение – a -регулярным порядка r . Регулярные уравнения порядка m являются корректными по Петровскому.

Кроме условия a -регулярности порядка r будем предполагать, что выполняется условие Лопатинского в такой форме:

(L) для любого $\sigma \in R^n$ и любых $h_j \in R$, $j=1, \dots, r$ существует в пространстве $C_{a_\infty}^k(\bar{R}_+)$ решение $v(x)$ уравнения (1.3), удовлетворяющее граничным условиям

$$B_j \left(\frac{d}{dx}, \sigma \right) v(x) \Big|_{x=0} = h_j, \quad j=1, \dots, r.$$

Пространство медленно растущих обобщенных функций S' является пространством линейных непрерывных функционалов над основным пространством S , состоящих из бесконечно дифференцируемых функций $\varphi(y)$, для которых конечны полунормы

$$\|\varphi(y)\|_{l,k} = \sup_{y \in R^n} \left[(1+|y|)^l \sum_{|\alpha| \leq k} |D_y^\alpha \varphi(y)| \right], \quad l, k = 0, 1, 2, \dots$$

Рассмотрим семейство подпространств S' , зависящих от параметров s и l : $H_l^s = \left\{ f \in S' : \|f\|_l^s = \left[\int (1+|\sigma|^2)^s |\mathcal{F}_y((1+|y|^2)^{l/2} f)|^2 d\sigma \right]^{1/2} < +\infty \right\}$, где $\mathcal{F}_y g$ – преобразование Фурье обобщенной функции $g \in S'$.

Через $C_{ap}^k(\bar{R}_+, H_l^s)$, где $k \in Z_+$, $a, p \in R$, обозначим пространство k раз непрерывно дифференцируемых отображений $v(x)$ замкнутой полуоси $\bar{R}_+ = \{x \in R : x \geq 0\}$ в гильбертово пространство H_l^s с конечной нормой:

$$\|v(x)\|_{C_{ap}^k(\bar{R}_+, H_l^s)} \equiv \sup_{x \in \bar{R}_+, 0 \leq \nu \leq k} \left[(1+x)^{-p} e^{-ax} \left\| \frac{d^\nu v(x)}{dx^\nu} \right\|_l^s \right].$$

Пространство $C_{ap}^k(\bar{R}_+, H_l^s)$ является банаховым. Пользуясь свойствами пространств H_l^s , можно определить пространство $C_{a\infty}^k(\bar{R}_+, S')$ как индуктивный предел этих пространств. Пространство $C_{a\infty}^k(\bar{R}_+, S')$ является полным локально выпуклым пространством, инвариантным относительно

преобразования Фурье. Функция $u(x)$ принадлежит пространству $C_{a\infty}^k(\bar{R}_+, S')$, если существуют такие s , l и p , что $u(x) \in C_{ap}^k(\bar{R}_+, H_l^s)$.

Теорема. Если уравнение (1) является a -регулярным порядка r , выполнено условие (L) и $G_{r+1}^a = \{a_1, \dots, a_p\}$, то нулевые решения задачи (1), (2) из пространства $C_{a\infty}^k(\bar{R}_+, S')$ имеют вид

$$u(x, y) = \sum_{j=1}^p \sum_{|\alpha| \leq \nu_j} \omega_{\alpha_j}(x) e^{i(y, a_j)} (iy)^\alpha, \quad x \geq 0, \quad y \in R^n,$$

где $\omega_{\alpha_j}(x)$ – экспоненциальные многочлены, удовлетворяющие системам.

$$\sum_{\alpha \geq \beta, |\alpha| \leq \nu_j} (-1)^{|\alpha|+|\beta|} C_\alpha^\beta \left(\sum_{i=0}^m \partial^{\alpha-\beta} P_i(\alpha_j) \frac{d^i \omega_{\alpha_j}(x)}{dx^i} \right) = 0, \quad |\beta| \leq \nu_j, \quad j=1, \dots, p$$

$$\sum_{\alpha \geq \beta, |\alpha| \leq \nu_j} (-1)^{|\alpha|+|\beta|} C_\alpha^\beta \left(\sum_{i=0}^m \partial^{\alpha-\beta} B_{ik}(\alpha_j) \frac{d^k \omega_{\alpha_j}(x)}{dx^k} \Big|_{x=0} \right) = 0, \quad i=1, \dots, k, \quad |\beta| \leq \nu_j, \quad j=1, \dots, p$$

Основным приемом исследования задачи (1), (2) является применение преобразования Фурье по переменной y , которое сводит данную задачу к краевой задаче для обыкновенного дифференциального уравнения. Приведенное описание нулевых решений основано на результатах, полученных в работах [5–7] и описании обобщенных функций, сосредоточенных в точке.

Список литературы

1. Дикополов Г.В., Шилов Г.Е. О корректных краевых задачах для уравнений в частных производных в полупространстве // Изв. АН СССР, серия матем. – 1960. – Т. 24. – С. 369–380.
2. Дикополов Г.В., Шилов Г.Е. О корректных краевых задачах в полупространстве для уравнений в частных производных с правой частью // Сиб. матем. ж. – 1960. – Т. 1, № 1. – С. 45–61.
3. Паламонов В.П. О корректных краевых задачах для уравнений в частных производных в полупространстве // Изв. АН СССР, серия матем. – 1960. – Т. 24. – С. 381–386.
4. Дикополов Г.В. О краевых задачах для дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами в полупространстве // Матем. сб. – 1962. – Т. 59(101). – С. 215–228.
5. Павлов А.Л. Об общих краевых задачах для дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами в полупространстве // Матем. сб. – 1977. – Т. 103(145), № 3(7). – С. 367–391.
6. Павлов А.Л. Корректность общих краевых задач в полупространстве для дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами в классах функций степенного роста и убывания // Украинский математический вестник. – 2010. – Т. 7, № 1. – С. 73–118.
7. Павлов А.Л. Разрешимость краевых задач в полупространстве для дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами в классе медленно растущих обобщенных функций // Сиб. мат. ж. – 20013. – Т. 54, № 4. – С. 871–889.

Прикладная математика, прикладная информатика и теория систем управления

УДК 510.5

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХЕШ-ТАБЛИЦ В СЕТЕВЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ

Авдюшина Е.В., канд. физ.-мат. наук, доцент

Пачева М.Н., Носов А.А.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

avdushina.e.v@mail.ru

Актуальность темы. В современном мире всё больше и больше используются интернет-технологии. Современное общество осуществляет покупки и оплаты с различных сайтов, использует различные сетевые приложения, в связи с чем остро становится вопрос о защите персональных данных. В следствии чего, в современном мире появились новые структуры данных и вспомогательные алгоритмы для решения проблем, связанных с хранением и сокрытием информации. Одной из таких структур являются хеш-таблицы и алгоритмы хеширования [1]. Эффективность работы хеш-таблиц непосредственно зависит от алгоритмов хеширования [2]. В связи с этим возникла проблема реализации таких алгоритмов хеширования, которые были бы одновременно криптостойкими, имели малую вероятность возникновения коллизий и высокую скорость выполнения операций. Анализ проблемы показал, что работа в данном направлении перспективна, а реализаций подобных механизмов анализа алгоритмов хеширования в широком доступе не существует. Обзор литературы выявил вспомогательные методы и алгоритмы для решения проблем, связанных с возникновением коллизий и недостаточной криптостойкостью генерируемого хеша.

Описание алгоритма хеширования. Одним из методов является использование «соли» в алгоритме хеширования. Соль – это некоторые данные, сгенерированные определённым образом, которые добавляются к хеширующей функции для того чтобы их «перемешать» [3]. Она используется для защиты от перебора по словарю и атак с использованием радужных таблиц, а также сокрытия одинаковых паролей. Однако, даже использование соли не поможет в полном объёме защитить от полного перебора каждого отдельного пароля.

Контрольная сумма — некоторое значение, полученное с помощью некоторого набора данных путём применения определённого алгоритма и используемое для проверки целостности данных при их передаче или хранении. Также контрольные суммы могут использоваться для быстрого

сравнения двух наборов данных на неэквивалентность: с большой вероятностью можно утверждать, что различные наборы данных будут иметь различные контрольные суммы.

При реализации алгоритма хеширования в данной работе, значением «соли» будут выступать контрольные суммы строк. Этот механизм позволит генерировать уникальные соли для строк, и даже если в этих строках переставить два символа местами, значение контрольной суммы изменится. Этот механизм позволит генерировать уникальные соли, которые в дальнейшем будут использоваться при хешировании.

Контрольная сумма, в самом простом своём варианте, это сумма номеров символов строки в кодировке ASCII, следовательно, результатом вычисления контрольной суммы является целое число. При реализации алгоритма хеширования в данной работе используются «соли», которые представляют собой значения контрольных сумм входящих строк. Однако, перед добавлением «соли» к хешу, контрольная сумма, изначально являющаяся числом, приводится к символьному типу с помощью метода приведения численного значения к символу в кодировке ASCII. В итоге, к генерируемому хешу, в качестве «соли» будет добавляться некая строка.

Реализованный алгоритм хеширования позволяет предварительно указать желаемую длину генерируемого хеша, удовлетворяет всем основным свойствам алгоритмов хеширования, а при длине хеша большей или равной восьми, вероятность коллизий стремится к нулю. Быстродействие данного алгоритма не сильно уступает современным алгоритмам хеширования, но позволяет уменьшить объём выделяемой памяти под хранение значений индексов в хеш-таблицах, используемых при реализации Web-приложений.

Принцип работы алгоритма хеширования заключается в том, что исходная строка дважды поддается хешированию. Перед первым прохождением алгоритма хеширования рассчитывается значение «соли» оригинальной строки, с помощью алгоритма взятия контрольной суммы, и значение длины оригинальной строки. Следующим шагом является определение длины строки, кратной степени двух, ближайшей к заданной длине хеша, и ближайшее к длине исходной строки число типа 2^n , после чего делаем длину строки хеша, как минимум, в 2 раза длиннее оригинальной строки.

Далее определяется количество символов, которое нужно добавить к исходной строке для получения новой строки (первичного хеша) с количеством символов типа 2^n . После его определения, в конец исходной строки добавляется символ из таблицы кодировки ASCII, находящийся под номером, полученным при сложении номеров i -го и $(i + 1)$ -го символов строки с использованием алгоритма приведения символа к существующему символу в кодировке ASCII. :

$$\sum_{i=0}^n \text{GetNumber}(\text{str}[i] + \text{str}[i + 1])$$

где $\text{str}[i]$ – номер символа в таблице кодировок ASCII, n – количество символов, которые нужно добавить к исходной строке, $\text{GetNumber}()$ – функция получения номера символа из таблицы кодировки ASCII, $i = \overline{0, n}$.

Далее рассчитывается длина полученной строки и её контрольная сумма для дальнейшего получения уникальной «соли». После проделанных действий получаем первичный хеш.

Хеш, сгенерированный на первом шаге, будет иметь вид строки с количеством символов типа 2^n . Пользователь имеет возможность задать желаемую длину хеша, следовательно, хеш полученный на первом шаге требуется сжать. Для этого определяется степень сжатия до нужной длины хеша. Определив степень сжатия воспользуемся самым алгоритмом сжатия. Работа данного алгоритма заключается в получении символов хеша за счёт сложения символов строки первичного хеша по формуле:

$$\sum_{i=0}^{ctr} \text{GetNumber}(\text{RStr}[ctr - i] + \text{RStr}[ctr + i])$$

где ctr – количество символов первичного хеша делённое на 2, то есть, значение индекса середины строки хеша, сгенерированного на первом этапе, $\text{GetNumber}()$ – функция получения номера символа из таблицы кодировки ASCII, $\text{RStr}[i]$ – i -й символ строки первичного хеша, $i = \overline{0, ctr}$.

Данный алгоритм сжатия работает только для тех строк, количество символов которых относятся к виду 2^n . После завершения работы алгоритма сжатия, получаем хеш, число символов которого равно длине строки вида 2^n , ближайшей к нужной длине хеша. Полученный хеш близок к заданной пользователем длине хеша но не равен ей. Последний шаг работы алгоритма заключается в приведении хеша, полученного на втором этапе хеширования, к нужной длине. Для этого будем складывать каждый второй символ строки хеша, далее для достижимости более высокой криптостойкости, добавляем значения «солей» к полученному хешу.

Для предварительного анализа алгоритма хеширования, разработано приложение, средствами языка C#, позволяющее дать оценку быстродействия алгоритма хеширования, проверить алгоритм хеширования на устойчивость к коллизиям и сравнить результаты с результатами работы современных алгоритмов хеширования. Одним из основных элементов приложения является интерфейс пользователя.

Список литературы

1. Кнут Д. Искусство программирования. Т. 1. Основные алгоритмы / Д. Кнут. – 3-е изд. – М.: Вильямс, 2006. – 720 с.

2. Гудков А. А. Хеширование как метод оптимизации и поиска данных / А. А. Гудков. // Информационные системы и технологии: управление и безопасность. – 2014. – № 3. – С. 77-82.
3. Власенко А. В. Разработка алгоритмов, инструментов и методов авторизации пользователей в Web-приложениях с использованием хеш-функций / А. В. Власенко, П. И. Дзьобан // Вест. Адыгейского государственного университета. Естественно-математические и технические науки. – № 4. – 2015. – С. 144-150.

УДК 004.94

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Авдюшина Е.В., канд. физ.-мат. наук, доцент,
Прийменко С.А., канд. физ.-мат. наук, доцент,
Пачева М.Н., Пикалова А.И.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
avdushina.e.v@mail.ru

Актуальность темы. Геодезические методы вычислений и технологии их применений для решения задач науки и техники в современное время испытывают революционные изменения. Это связано в первую очередь с глубокой автоматизацией, как процесса измерений, так и дальнейшей обработки результатов. Общие теоретические и методологические принципы новых технологий в геодезии остаются практически такими, как и были сформированы столетним опытом геодезической науки и практики.

Смартфоны и планшеты стали постоянными спутниками человека в повседневной жизни. Не обходит прогресс стороной и геодезию. Проведенный далее анализ геодезических приложений под мобильные операционные системы показал, что разработка бесплатного, с открытым кодом, русскоязычного приложения под Android, позволяющее решать основные геодезические задачи, является актуальной.

Компьютерно-математическое моделирование геодезического приложения. Геодезическое съёмочное обоснование является совокупностью опорных пунктов на местности, что служит основой для выполнения топографических съёмок. Подобные сети могут создаваться разными методами: проложение теодолитных, тахеометрических и мензульных ходов, построением сетей микротриангуляции и трилатерации, прямыми и комбинированными засечками [1].

Выбор метода создания съёмочного обоснования зависит от условий местности, нужной точности и приборов, которые используются.

Пространственное положение точек определяют на основании угловых и линейных измерений элементов сети. Так, в прямой и обратной угловых засечках выполняют угловые измерения, а в линейной засечке - линейные измерения. На стадии оценки выполняется проверка качества выполненных измерений, которые основываются на соблюдении определённых математических условий в измеряемой сети. В результате такой проверки находят расхождения между результатами, которые основываются на фактических измерениях, и их теоретическими значениями. В геодезии эти расхождения называют невязками. На следующей стадии найденные значения невязок поддаются анализу, сравнивая их с установленными допущениями. Если невязки выходят за пределы допусков, то это говорит о наличии грубых ошибок и о необходимости повторить все измерения или их часть. Способ распределения невязок во время сравнения зависит от характера их появления и накопления в каждом конкретном виде вычислений. Сравнение выполняют на стадии корректировки, которая завершает процесс вычислительной обработки измерений [2].

Для создания съёмочного обоснования наиболее широко используют проложение теодолитных ходов, прямую, обратную угловые засечки, а также линейную засечку.

Прямая и обратная геодезические задачи являются главными геодезическими задачами. На их основе базируются все геодезические построения и вычисления.

Проведено математическое моделирование основных геодезических задач, рассмотрена связь задач, возникающих на практике, между собой [3].

Прямая угловая засечка используется, когда на местности неудобно или невозможно измерить длины сторон, или когда дополнительная точка находится на значительном расстоянии от исходных пунктов.

Прямая угловая геодезическая засечка заключается в том, что по известным координатам двух точек и измеренных при них углов вычисляют координаты третьей точки.

Программное обеспечение реализовано для ОС Android с использованием движка Android Studio, на языке программирования Java, XML.

Приложение GeoTask выполняет решение пяти основных геодезических задач: прямая и обратная геодезические задачи, прямая и обратная угловые засечки, линейная засечка. Каждой задаче соответствует свой класс реализующий перевод градусов в радианы, сокращение десятичных чисел до четвертого знака после запятой и формулы, по которым рассчитываются геодезические задачи.

Графический интерфейс приложения GeoTask прост и понятен любому пользователю. При помощи платформы Android Studio с визуальным редактором и языка XML было создано 6 экранов. Первым экраном

является стартовая страница для выбора задачи. На рисунке изображены реализации решения фундаментальных геодезических задач.

Каждому элементу меню присваиваются уникальные id, при помощи которых к ним можно обратиться. Существует несколько layout-параметров для view-элементов, которые использовались в создании интерфейса и вот некоторые из них: layout-weight, layout-width, layout-height, layout-margin. Этим параметрам можно присвоить как абсолютные значения в единицах измерения (dp, sp, pt, px, mm и in), так и константы (match_parent, wrap_content). Задавать абсолютные значения целесообразно лишь в случае разработки под устройства с одинаковыми характеристиками, где разрешение и размер экрана не будут меняться. В случае с разрабатываемым приложением были использованы в основном константы, подстраивающиеся под характеристики устройства. В теге Button параметру android:text присваивается необходимое название кнопки, которое в последующем будет отображаться на ней.

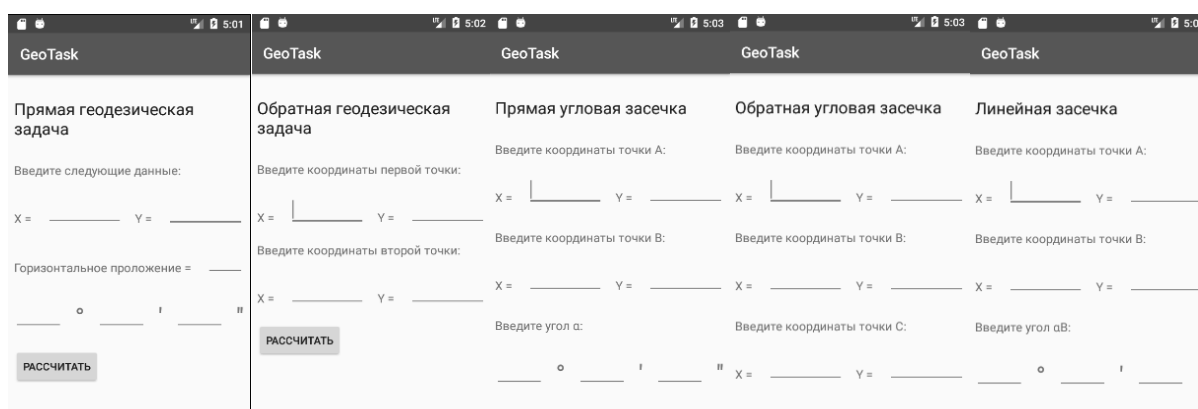


Рис. Интерфейс основных задач приложения GeoTask

В main-activity по id определяется кнопка вызвавшая обработчик и в следствии открывается activity, отвечающий за выбранную геодезическую задачу. Таким образом, понятно, что один обработчик присваивается всем кнопкам экрана меню GeoTask. Под каждый объект-обработчик выделяется память, поэтому, чем их меньше, тем лучше.

Тестирование разработанного мобильного приложения будем проводить для различных устройств с разными характеристиками, используя эмуляторы Android-устройств.

При работе с пользовательским интерфейсом приложения, необходимо удостовериться, что после запуска приложения пользователю отображается корректная информация, сообщения пользователю и экраны, взаимодействующие с пользователем. Для тестирования всех трех требований необходима работающая среда для тестов, такая как Android эмулятор или устройство под ОС Android. Для проверки работы приложения использовался стандартный эмулятор Android, так как он не требовал никаких дополнительных установок и был улучшен с выходом Android Studio.

Таким образом, представленная работа реализует приложение для решения пяти основных задач геодезии. При помощи этого программного обеспечения различные пользователи могут производить геодезические расчеты на местности без использования интернет-сети.

Список литературы

1. Могильный С.Г. Геодезия. Часть первая / Брежнев Д.В., Гавриленко Ю.М. – Донецк, 2003. – 458 с.
2. Курошев Г. Д., Смирнов Л. Е. Геодезия и топография. – М.: Академия, 2009. – 176 с.
3. Трубчанинов А.В. Автоматизация решения геодезических задач / А.Д.Трубчанинов, А.В.Шахов – Кемерово, 2004. – 239 с.

УДК 004.056.55

КОМБИНИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ НА БАЗЕ АФФИННЫХ ШИФРОВ К-ГО ПОРЯДКА И АСИММЕТРИЧНЫХ КРИПТОСИСТЕМ

Ашихмина Н.Э., Рыбалко Л.А.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
rybalko.leonid.alekseevich@gmail.com

В настоящее время защите информации уделяется большое внимание. Практически вся информация хранится в электронном виде. Необходимо сохранять ее конфиденциальность и аутентичность. Частные фирмы и государственные учреждения защищают данные с помощью специализированных программ, не доступных обычному пользователю. Поэтому практической частью работы является программа, доступная отдельным пользователям, а не предприятиям.

Данная работа посвящена изучению алгоритмов защиты данных и разработке программного обеспечения для кодирования и декодирования символьных массивов комбинированным алгоритмом, основанным на симметричной криптосистеме Аффинного шифра k -го порядка и ассиметричной системы RSA.

Объект исследования: вопросы защиты информации с помощью криптографических методов.

Предмет исследования: криптографические алгоритмы и методы, которые кодируют исходные данные.

Целью работы является разработка программного обеспечения для кодирования и декодирования символьных массивов комбинированным алгоритмом защиты данных.

Научная новизна состоит в том, что в литературе исследуемой области еще не встречалась комбинация алгоритмов, изучаемых в данной

работе, и аналогов разрабатываемого оконного приложения нет. В открытом доступе есть приложения, которые основаны на алгоритмах, описываемых в работе, но их объединение нигде не используется.

Программа имеет практическое применение. Она может быть использована частными лицами для сохранения конфиденциальности личных данных, творческих работ, электронных писем, ежедневников и т.д.

Общая идея Аффинного шифра k -го порядка состоит в том, что рабочим алфавитом открытых и закрытых текстов является кольцо остатков Z_N , где n – количество символов алфавита. Все вычисления производятся во множестве Z_N и в остатках от деления по модулю n . Если k – порядок шифра, то при генерировании ключей выбирают обратимую матрицу, размером $k \times k$ с элементами из кольца Z_N и столбец над тем же кольцом размера $k \times 1$. Пусть это будет матрица A и столбец S .

Открытый текст разбивается на k -граммы и описывается через символы кольца Z_N . Обозначив k -грамму открытого текста через X , а соответствующий шифротекст через Y , процедуру шифрования можно описать так:

$$E(X) = (A \cdot X + S) \bmod n = Y$$

Результатом шифрования является набор образов вида Y .

Алгоритм дешифрования выглядит следующим образом:

$$D(Y) = (A_1 \cdot Y + S_1) \bmod n \equiv X,$$

где $A_1 = A^{-1}$, а $S_1 = -A_1 \cdot S$.

В криптосистеме RSA открытый ключ K_B , секретный ключ k_B , сообщение M и криптограмма C принадлежат множеству целых чисел $Z_N = \{0, 1, 2, \dots, N-1\}$, где N – модуль: $N = P \cdot Q$, где P и Q – большие простые числа.

Открытый ключ K_B выбирают случайным образом так, чтобы выполнялись условия: $1 < K_B \leq \varphi(N)$, $\text{НОД}(K_B, \varphi(N)) = 1$, $\varphi(N) = (P - 1)(Q - 1)$, где $\varphi(N)$ – функция Эйлера.

Реализован расширенный алгоритм Евклида для вычисления секретного ключа k_B из условия: $k_B * K_B = 1 \pmod{\varphi(N)}$ или $k_B = K_B^{-1} \pmod{(P - 1)(Q - 1)}$.

Шифрование и расшифровывание сообщения M выполняются по формулам:

$$C = E_{K_B}(M) = E_B(M) = M^{K_B} \pmod{N}.$$

$$M = D_{k_B}(C) = D_B(C) = C^{k_B} \pmod{N}.$$

При выполнении работы были рассмотрены аспекты защиты информации, основные понятия криптологии, алгоритмы модулярной арифметики, способы нахождения и тестирования простых чисел. Рассмотренные алгоритмы реализованы в приложении, разработанном в

визуальной среде программирования. Приведены основные алгоритмы и порядок пользования приложением.

Список литературы

1. Романец Ю.В., Тимофеев П.А., Шаньгин В.Ф. Защита информации в компьютерных системах и сетях / Под ред. В.Ф.Шаньгина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 2001. – 376 с.
2. Теория и практика обеспечения информационной безопасности. Под ред. П.Д. Зегжды. – М.: Изд-во Агентства «Яхтсмен», 1996. – 192 с. – Серия «Защита информации».
3. Аграновский А.В. Практическая криптография: алгоритмы и их программирование / А.В. Аграновский, Р.А. Хади. – М.: Солон-Пресс, 2009. – 256 с.

УДК 517.443:534.44

О СПЕКТРАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ РЕАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

Блохин С.В., Месропян А.Г.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

Davidoff_14@mail.ru

Введение. В настоящее время обработкой звукового сигнала занимаются множество специалистов: инженеры, звукорежиссеры, звукооператоры, музыканты. Все они преследуют цель синтеза звукового сигнала и (или) изменения параметров звукового сигнала для выполнения инженерных (например, применение кодеков для сжатия звуковых сигналов) и художественных (улучшение звучания композиции путем тщательной настройки отдельных частот и т.п.) задач. В докладе рассматривается различие в производительности методов ДПФ (дискретное преобразование Фурье) и БПФ (быстрое преобразование Фурье) с математической и практической стороны в приложениях анализа гармоник сигналов в спектральной области [1].

Спектральный анализ – один из методов обработки сигналов, который позволяет охарактеризовать частотный состав измеряемого сигнала. Преобразование Фурье является математической основой, которая связывает временной или пространственный сигнал (или же некоторую модель этого сигнала) с его представлением в частотной области.

ДПФ — один из распространенных инструментов спектрального анализа сигналов, широко применяемый в самых разных отраслях науки и техники. При этом разработано множество быстрых алгоритмов для высокой вычислительной эффективности ДПФ [2–5].

Пара непрерывного преобразования Фурье (интеграл Фурье) имеет вид:

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \exp(-j\omega t) dt;$$

$$s(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) \exp(j\omega t) d\omega,$$

где $S(\omega)$ — спектр сигнала $s(t)$ (в общем случае и сигнал и спектр — комплексные) [5].

Выражения для прямого ДПФ и обратного дискретного преобразования Фурье (ОДПФ) имеют вид:

$$S_d(k) = \sum_{n=0}^{N-1} s(n) \exp\left(-j \frac{2\pi}{N} nk\right), \quad k = 0 \dots N-1;$$

$$s(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} S_d(k) \exp\left(j \frac{2\pi}{N} nk\right), \quad n = 0 \dots N-1.$$

На рис. 1 и рис. 2 наглядная демонстрация одного из свойств БПФ, а именно, заполнение нулями для получения количества точек равного степени двойки [5].

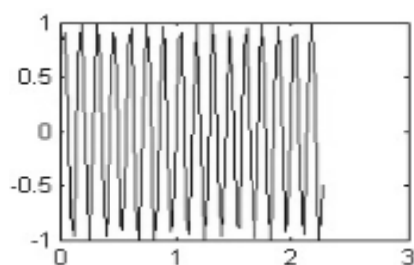


Рис. 1. Сигнал ДПФ

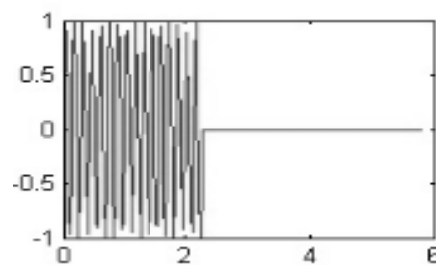


Рис. 2. Сигнал БПФ

Хотя алгоритм БПФ требует меньше вычислительной мощности, при измерении реальных величин, этот метод в некоторых случаях не обеспечивает точности метода ДПФ. И объясняется это тем, что алгоритм БПФ ограничивается окном равным 2^n выборок [4]. Если бы частота дискретизации могла меняться в пределах бесконечности, а частота анализируемого сигнала была известна, то можно было бы установить такое значение частоты дискретизации, чтобы в окно дискретизации попадало бы целое число периодов сигнала. Но при измерении реальных величин, совершенно непрактично менять частоту дискретизации в широких пределах, и поэтому нельзя быть уверенным, что в окне дискретизации точно разместится целое число периодов сигнала.

Актуальность В наши дни, во времена лидерства цифровых электронных вычислительных машин, алгоритмы цифровой фильтрации используются повсеместно. Так при записи звука с помощью цифровых устройств, производится цифровое микширование — регулирование и смешивание многоканальных аудиосигналов от различных источников. Это выполняется аудиоэквалайзерами (наборами цифровых полосовых

фильтров с регулируемыми характеристиками), смесителями и устройствами создания специальных эффектов (реверберация, динамическое выравнивание и пр.).

Целью настоящего исследования послужило: рассмотрение различия в производительности методов ДПФ и БПФ с математической и практической стороны в приложениях анализа гармоник сигналов в спектральной области.

Для исследования используются следующие **методы**: общенаучные – анализ, синтез, индукция, дедукция. Принципы: объективности, аксиологического подхода. Для реализации цели проведен ряд исследований по изучению звукового сигнала в спектральной области с помощью методов быстрого и дискретного преобразований Фурье.

Результат. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что если в окне дискретизации разместить целое число периодов сигнала, то алгоритм БПФ обеспечит такую же точность, что и алгоритм ДПФ. Однако ограничение в 2^n выборок и фиксированные/дискретные частоты дискретизации делают алгоритм БПФ непрактичным в задаче анализа гармоник, так как он не может обеспечить гибкость и точность в реальном измерении. В окне дискретизации помещается не целое число периодов, соответственно имеет место эффект «утечки гармоник», в результате которого гармоники «просачиваются» в соседние смежные гармоники, что приводит к неточным результатам измерений.

Заключение. Анализ сигналов с помощью БПФ может успешно применяться при рассмотрении гармоник сигнала в частотной области, однако для высокоточного анализа спектров метод БПФ не является оптимальным решением.

Список литературы

1. CodeNet – все для программистов [Электронный ресурс] // Описание форматов звуковых файлов выборок – codenet.ru. Режим доступа: [http://www.codenet.ru/progr/formt/rawsam.php] (Дата последнего обращения 25.09.2018)
2. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов / А.Оппенгейм. – М. Техносфера, 2012.
3. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер. – М : Техносфера, 2012
4. <http://glavpribor.ru/img/files/Application%20Note%20030.pdf>
5. Юкио Сато Обработка сигналов. Первое знакомство/ Юкио Сато –Додэка, 2002.

РАСПОЗНАВАНИЕ ПРИМИТИВОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

Вьюков Н.А.,

Шевцов Д.В., канд. техн. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

nvyukov456@gmail.com

Проблема распознавания объектов на плоском изображении имеет чрезвычайно важное практическое значение. По сути, не найдется ни одной сферы человеческой деятельности, для которой ее решение оказалось бы бесполезным. Такое разнообразие вариантов обуславливается широким кругом объектов для распознавания и множеством приемов и методов, которые позволяют найти решение какой-то конкретной задачи.

В общем случае объекты, подлежащие распознаванию, представляют собой сложные графические структуры с нечетко выраженными характеристиками, в целом не имеющие определенных специфических инвариантов или иных характеристик, которые могли бы служить ключевыми данными. Однако очень большое число сложных графических изображений можно разумными алгоритмами разложить на более простые графические объекты, которые в контексте данного сообщения будут называться примитивами. К ним относятся прямые линии, отрезки прямых линий, окружности, эллипсы, иные хорошо определенные простые линии. Учитывая дискретные особенности цифрового формирования изображения, ниже под примитивами понимаются не только строго определенные математические линии на плоскости (x,y) , но и дискретный аналог этих объектов или цифровые объекты, в определенном смысле близкие перечисленным выше структурам.

Так как реальное изображение может содержать многоцветные объекты, а формирующие их цифровые линии могут быть различной «толщины», задача распознавания может включать в себя подготовку изображения для сведения его к определенным нормированным условиям. Практическая цель работы состоит в формировании алгоритмов выделения значимых признаков примитивов и построении программного комплекса для численного моделирования процесса распознавания объектов различными методами.

Проблема выделения и классификации значимых признаков изображения связана, в частности, и с нахождением формы объектов, содержащихся на изображении. Например, для автоматического распознавания лиц необходимо выделить глаза, рот, брови и т. д. Используя в этом случае начальное приближение глаз эллипсом, бровей отрезками прямых, можно получить оценку аналитических параметров данных примитивов, что применяется при создании целевых баз данных.

Кроме того, найденные параметры могут быть использованы как самостоятельные индикаторы характерных особенностей изображения, так и в качестве промежуточного элемента для выделения более сложных признаков.

Обнаружение аналитических параметров таких примитивов, как прямая, окружность, эллипс, участок гиперболической кривой и т. п. подразумевает нахождение их положения и размера, а также инвариантных по отношению к операциям вращения и сдвига параметров (например, длины большой и малой полуосей эллипса и т. п.).

Исследование метода обнаружения примитивов на изображении и методов извлечения параметров обнаруженного примитива позволяет решать широкий круг практических задач, встречающихся в нашей жизни повсеместно: от распознавания лиц и дорожной разметки, до анализа рентгеновских снимков и МРТ.

Список литературы

1. Гонсалес Р., Вудс Д. Цифровая обработка изображений. Издание 3-е, исправленное и дополненное. – Москва: Техносфера, 2012. – 1104 с.
2. Яне Б. Цифровая обработка изображений. Москва: Техносфера, 2007. – 584 с.
3. Сойфер В. А. Методы компьютерной обработки изображений. – Москва: Физматлит, 2003.

УДК 653.13

ОБЗОР МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СКАНИРОВАННЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

Григоренко В.А., Шевцова Е.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
griviala@gmail.com

С момента появления бюро технической инвентаризации (БТИ) в 1930 году инвентаризация на государственном уровне стала неотъемлемой частью владения имуществом. Учет и инвентаризация жилищных объектов, формирование технических паспортов, контроль над состоянием объектов недвижимости, оценка домов – все это функции, выполняемые органами БТИ. Каждый день обрабатывается множество технических планов различных строительных объектов, поэтажных планов зданий, экспликаций, планов земельных участков. В последние годы в нашем регионе вопрос инвентаризации стал еще более остро, поскольку идет восстановление поврежденных зданий, часто требующее перепланировки; осуществляется переоформление земельных участков и квартир,

требующее контроля и оценки стоимости недвижимости, а также восстановление утраченной технической документации, чем подтверждается актуальность исследований в данном направлении.

Целью данной работы является рассмотрение возможности повышений уровня автоматизации процесса работы с технической документацией.

Для того, чтобы выявить возможность ускорения существующих программных решений, в данной работе были рассмотрены наиболее распространенные системы, предназначенные для автоматизации процесса инвентаризации объектов недвижимости: AvisБТИ, «Учет БТИ», Inventory, Plan Tracer.

На основе проведенного обзора, для определения блоков системы, которые можно усовершенствовать в рамках ускорения работы БТИ, построим схему работы (рис.1).

Поскольку построение чертежей, а также перенесение их с бумажного носителя в электронный вручную занимает много времени, векторизация [1, 2] – этап, позволяющий значительно ускорить процесс обработки бумажных документов. Хорошо отвекторизованные чертежи легче в поиске, что ускоряет обработку не только на этапе первичной выдачи документов, но и в случае обработки последующих запросов.



Рис. 1. Схема работы автоматизированных комплексов, используемых при работе БТИ

В качестве одного из вариантов решения проблемы распознавания в описанных выше системах рассмотрим возможность интеграции какой-либо существующей системы векторизации сканированных чертежей. При этом, имеет смысл интегрировать только те системы, которые позволят работать в векторизованном формате с множеством объектов, наиболее приближенным к семантике изображения. Для проведения анализа функционирования каждой из систем, необходимо обозначить критерии оценки качества результатов векторизации. На основании всего

вышесказанного, можно выделить следующие критерии: количество объектов, полученных посредством векторизации; достоверность отнесения каждого из выделенных объектов к определенному классу (распознавания); объем памяти, занимаемый полученным векторизованным документом.

Обзор и тестирование в рамках указанных характеристик существующих программных продуктов, реализующих векторизацию чертежей (RasterDesk / RasterDesk Pro, Spotlight Pro, Corel Draw, Vector Magic Desktop), показывает, что для ускорения процесса работы БТИ векторизация перспективно дает большие возможности, но качество перевода раstra в вектор с использованием описанных программ в рамках указанных характеристик показывает абсолютно неприемлемые результаты, поэтому в дальнейшем будут рассмотрены более детально современные подходы к векторизации чертежей с целью возможности реализации одного из них либо их комбинации.

Список литературы

1. Вельтмандер П.В. Основные алгоритмы компьютерной графики. Учебное пособие в 3-х книгах. Книга 2. Машинная графика. – Н-ск: Новосибирский государственный университет, 1997. – 382 с.
2. Новиков Ю.Л. Эффективные алгоритмы векторизации растровых изображений и их реализация в геонформационной системе. Дисс. на соиск. уч. степ. к.т.н. – Томск: Томский гос. ун-т. 2002

УДК 519.5

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ ИНТЕРВАЛЬНЫЕ НЕЧЕТКИЕ МНОЖЕСТВА

Житняя В.Г., канд. физ.-мат. наук,
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

Введение. Существенным преимуществом человеческого мозга в сравнении с возможностями вычислительных машин является возможность оперировать с нечетко определенными понятиями.

В работе «Fuzzy Sets» [6] ее автор Л. Заде заложил основы моделирования интеллектуальной деятельности человека. Эта работа, опубликованная в 1965 году, стала отправной в развитии новой математической теории. Л. Заде расширил понятие классического множества. Он допустил, что характеристическая функция (функция принадлежности элемента множества) может принимать произвольные значения в промежутке $[0, 1]$, а не ноль и один. Указанные значения

образуют множества, которые были названы нечеткими (fuzzy). Л.Заде определил ряд операций над нечеткими множествами, ввел понятие лингвистической переменной. Ее значениями (термами) являются нечеткие множества (НМ). Это понятие дало возможность расширить классическую двузначную логику и построить логику с нечеткими значениями истинности и с нечеткими связями и правилами вывода.

Понятие нечеткого множества в смысле Заде получило несколько обобщений. В частности, в работе [1] было введено понятие интервальных нечетких множеств (ИНМ).

В традиционных функциях принадлежности (ФП) каждому значению аргумента $x \in \mathfrak{U}$ ($\mathfrak{U}$ – универсальное множество) соответствует единственное значение ФП $\mu_A(x)$. Это обстоятельство при наличии нескольких экспертов для конкретного построения функции $\mu_A(x)$ слабо учитывает разноплановость их мнений. С целью более полного описания нечеткости была введена функция принадлежности, принимающая для заданного значения аргумента значение из некоторого замкнутого интервала. Ширина последнего задается разбросом мнений и характеристик, предложенных экспертами. Следовательно, $\mu_A : \mathfrak{U} \rightarrow [0, 1]$ является многозначной функцией. Последняя была названа интервальной функцией принадлежности для нечеткого множества $A = \bigcup_{x \in \mathfrak{U}} (x, \mu_A(x))$.

Нечеткое множество A называют интервальным нечетким множеством. Интервальная функция принадлежности (ИФП) отличается от стандартной. Это обусловлено следующим обстоятельством: $\forall x \in \mathfrak{U}$ имеем

$$\mu_A(x) = [\underline{\mu}_A(x), \overline{\mu}_A(x)] \subset [0, 1].$$

Здесь числа $\underline{\mu}_A(x)$, $\overline{\mu}_A(x)$ – нижнее и верхнее значения интервальной функции принадлежности. При этом $\underline{\mu}_A(x) \leq \overline{\mu}_A(x)$. Если для $\forall x \in \mathfrak{U}$ верхнее значение равно нижнему значению, то такая функция принадлежности называется вырожденной. Она превращается в стандартную функцию принадлежности теории нечетких множеств в смысле Заде.

Актуальность. Профессор Калифорнийского университета (Беркли) Лотфи А. Заде в журнале Information and Control № 8 опубликовал работу «Fuzzy Sets». Эта работа, содержащая основы моделирования интеллектуальной деятельности человека, дала толчок развитию новой математической теории – теории нечеткого моделирования и методов обработки нечетких данных необязательно в количественном аспекте.

Идея нечетких множеств возникла давно. Она по своей сути – наследница теории многозначных (непрерывных) логик. Заслуга Заде

состоит в том, что на основе этой идеи (этого утверждения) был создан новый подход к классическим понятиям. Последний позволил построить самостоятельные и достаточно эффективные для многочисленных применений концепции.

После основополагающей работы Л.Заде «Fuzzy Sets», появилось великое множество публикаций высокого научного уровня, включая диссертации. Печатный орган – журнал Fuzzy sets and systems является ведущим в теории нечетких множеств печатным органом. Он был создан Международной Ассоциацией Нечетких Систем (IFSA – International Fuzzy Systems Association). Все это свидетельствует об актуальности теории нечетких множеств в том числе интервальных нечетких множеств.

Цель методических указаний – стимулирование процесса формирования навыков по выработке собственного мнения о событиях, происходящих в окружающей нас действительности. Норберт Виннер, сравнивая функциональные возможности вычислительных машин и человеческого мозга, указал на замечательную особенность человеческого интеллекта принимать правильные решения при наличии неполной или нечеткой информации. Для того чтобы как-то снабдить компьютер способностью человеческого мышления, надо построить модели многообразия окружающего нас мира и – способов его приближенного отображения в мыслях (мышлении) человека.

Результат. Планируемый результат выполнения лабораторной работы «ИНМ» – выработка знаний и умений соответственно в области теории применения нечетких множеств и практического их использования в различных сферах (областях) нашей жизни. Например, в области искусственного интеллекта теория нечетких множеств (НМ) дает возможность адекватнее по сравнению с традиционной логикой моделировать процессы человеческого мышления в условиях неопределенности.

В области психологии теория НМ дает возможность моделировать свойства целостности психологических образов и представлений, гибкость мышления и многозначность речевых элементов.

В области философии теория НМ открывает новые подходы к решению проблем абстракции и создания понятий, имеющих гамму разнообразных оттенков.

В области лингвистики теория НМ дает возможность моделировать содержание высказываний и текстов путем распределения возможностей, описываемых функцией принадлежности.

В заключении целесообразно отметить большую значимость теории нечетких множеств, которая используется в разных направлениях. К последним относятся направления управления инвестиционными портфелями, – планирования финансовой деятельности предприятий, – оптимизации финансовых и информационных потоков, – оптимизации товарооборота, –

оценки эффективности рекламных кампаний, – оценки влияния политических, а также социальных событий на поведение рынка и т.п.

В области техники и промышленности использование нечеткого управления особенно эффективно. Первый опыт такого нечеткого управления принадлежит Европе, затем он начал интенсивно применяться в Японии. Все вышеизложенное указывает на огромную роль теории НМ и целесообразность ее использования человеком в условиях неопределенности (неполной и/или нечеткой информации).

Список литературы

1. Берштейн Л.С., Целых А.Н., Тимошенко Р.П. Об использовании интервальной функции принадлежности нечеткого множества // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – Ростов-на-Дону: Ростовский госуниверситет. – 1999. – № 1. – С. 3-8.
2. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. – М.: Радио и связь. – 1982. – 432 с.
3. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
4. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня. – Знание. – 1974. – С.5-49.
5. Заде Л.А. Тени нечетких множеств // Проблемы передачи информации. – 1966. – Т. 2. – Вып. 1. – С.37-41.
6. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Inform. and control. – 1965. – V. 8. – P.338-353.

УДК 004.932.72'1

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, СОДЕРЖАЩЕЙ ДАННЫЕ В ТАБЛИЦАХ

Киселёв Ф.В., Шевцова Е.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
theodoreii@yandex.ru

Введение. В современной интерпретации предметной области распознавание образов является пересечением сразу нескольких дисциплин, которые охватывают различные подходы и методы к классификации и идентификации процессов, ситуаций, сигналов, которые могут быть описаны с помощью конечного набора признаков.

Эта область знаний, как одна из самых перспективных, в России имеет как богатую и долгую историю (например, работы Ю.Л. Барабаша, Э.М. Бравермана и Ю.К. Вифанского [1–3]), так и достойное продолжение этой истории в настоящем (тут можно отметить победу системы распознавания лиц компании «Вокорд» на соревновании «Megaface

Challenge» [4]). Будучи частью образовательного пространства СССР, университеты Донецка не оставались в стороне от проблем распознавания. Помимо ДонНУ, ими занимались учёные из ДонНТУ [5] и Института искусственного интеллекта.

Разумеется, необходимость в такого рода системах появляется в самых разных областях.

Актуальность. Будучи одной из самых распространённых форм систематизации и хранения данных, таблицы (и инструменты их обработки) являются предметом интереса прикладных цифровых технологий. С другой стороны, методы и способы классификации и распознавания таблиц сосредоточены, в основном, на использовании различных методов для работы с таблицами, которые уже находятся в цифровом формате, в то время как методы работы с данными, находящимися на аналоговых носителях, не обладают достаточно развитым функционалом. Учитывая многообразие данных, хранимых в таблицах, разработка подобной системы позволит добиться существенной оптимизации во многих сферах деятельности. Хотя похожие системы распознавания уже существуют, всё ещё остаётся возможность как улучшения существующих алгоритмов, так и разработки новых, специализированных под предметную область.

Разумеется, что вопрос распознавания данных, содержащихся в таблицах, как наследует все проблемы распознавания символов вообще (такие, как искажение изображений символов, разные размер и масштабы символов, различие в форме их начертания, искажение исходного изображения), так и приобретает специфические (отделение содержимого таблицы от самой таблицы, проблема дополнения границ искажённых таблиц). При этом, естественно, берётся в расчёт, что для задач первой категории уже существуют решения различной степени эффективности. В этой связи появится вопрос о разработке новых, специфических способов распознавания данных, которые будут применяться для второго, более узкого типа задач.

При этом речь пока идёт только о проблемах распознавания печатного текста. Учитывая указанные выше специализированные проблемы, а также низкую степень разработанности темы распознавания рукописного текста, становится понятно, что для достижения подобных целей понадобятся сложные интеллектуальные системы распознавания. По аналогии с бычным рукописным текстом можно предположить, что это будут искусственные нейронные сети.

Цель исследования состоит в разработке специфических методов распознавания для таблиц, хранящихся в аналоговом виде и последующего исследования эффективности методов классификации цифровых таблиц.

Методы, которые были использованы в исследовании являются общенаучными – анализ, синтез, индукция, дедукция.

В результате исследована предметная область и определён круг проблем, которые необходимо решить для создания искомой системы. Основываясь на этих выводах, будут поставлены и решены задачи для разработки системы автоматизации обработки технической документации, содержащей данные в таблицах, а результатом исследования будет специализированная, а, следовательно, и более эффективная, в своей области, система обработки данных.

Список литературы

1. Барабаш Ю.Л., Варский Б.В., Зиновьев В.Т., Кириченко В.С., Сапегин В.Ф., «Вопросы статистической теории распознавания». – М., 1967. – 400 с.
2. Браверман Э.М. «Опыты по обучению машины распознаванию зрительных образов» // Автом. и телемех., 1962, т. 23, с 349-364.
3. Вифанский Ю.К. «Оценка сложности формы фигур и их опознавание» // В кн.: Механизмы кодирования зрительной информации. – Л., 1966. – с. 90-96.
4. MegaFace FaceScrub Results, [Электронный ресурс] режим доступа: <http://megaface.cs.washington.edu/results/facescrub.html>
5. Ф.А. Папаяни, Л.Н. Козыряцкий, В.С. Пашенко, А.П. Кононенко, «Энциклопедия эрлифтов». – Донецк, 1995. – 592 с.

УДК 004.9:5

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ ПОДСИСТЕМЫ ПО ТЕМЕ «ПАРАЛЛЕЛЬНОСТЬ ПРЯМЫХ И ПЛОСКОСТЕЙ В ПРОСТРАНСТВЕ»

Лопатов В.А., Дмитренко Н.А.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

Интерактивное, т.е. в значительной мере самостоятельное обучение с использованием современных информационных технологий – одно из важнейших направлений совершенствования системы образования, в том числе и в России. Быстрое развитие телекоммуникаций, и в особенности сети Интернет создало технологическую основу для обмена информацией между организациями и отдельными лицами, вне зависимости от их социального статуса, государственной принадлежности, географического положения и явилось мощным стимулом развития дистанционного образования.

Индустрия компьютерных средств обучения насчитывает уже более двадцати пяти лет. На первых порах в учебном процессе использовались различные программно-методические комплексы для освоения студентами элементов информационных технологий.

В конце 80-х годов стали создаваться компьютерные обучающие системы на базе электронных учебников по различным дисциплинам с текстовыми и графическими фрагментами [2, 3].

Появление Web-технологий в первой половине 90-х годов стало серьезным стимулом для развития информационных технологий в обучении. Во второй половине 90-х годов началось широкое распространение дистанционного обучения, в том числе обучения на базе Интернет. Появилась концепция открытого образования как системы предоставления образовательных услуг с помощью средств, имеющих в распределенной информационно-образовательной среде, выбираемых пользователем и адаптированных под его конкретные запросы. В работу по созданию и использованию электронных средств поддержки образовательного процесса сегодня включились многие тысячи работников сферы образования. К настоящему времени созданы тысячи программных и информационных образовательных ресурсов.

Развитие интерактивного обучения в нашей стране входит в число стратегических задач всей образовательной системы – и как одного из методов обучения, и как составной части информатизации образования. В опубликованных в 1997 году «Основных положениях концепции очередного этапа реформации системы образования» указывается, что интерактивное обучение, осуществляемое в глобальных сетях, помогает решать основную задачу системы образования в целом – ориентацию на «реализацию общенациональных интересов России, ее конкурентоспособности на мировых рынках труда и цивилизованной конкурентоспособности ее населения в структурах становящегося глобального миропорядка».

В настоящее время успешно работает ряд учебных заведений и фирм, которые специализируются на разработке программно-информационных средств для систем интерактивного обучения. На рынке и в свободном распространении появилось множество электронных курсов по различным дисциплинам. Созданы и предлагаются к продаже программы, предназначенные для самостоятельного использования преподавателями при разработке учебных электронных изданий.

Ведутся работы в направлении стандартизации информационных образовательных ресурсов.

Новые аспекты использования систем интерактивного обучения возникают в связи с планируемой реформой высшего образования, в частности, в связи с переходом на модульно-рейтинговую систему обучения.

В то же время, при переходе к массовому использованию компьютерного обучения возникает целый ряд нерешенных дидактических и технических проблем. Отметим наиболее актуальные из них [1].

- Разработка дидактики и методик, ориентированных на компьютерное обучение, в частности, на возможность адаптации обучающих систем к возможностям конкретного обучаемого.

- Разработка инженерных методов создания систем компьютерного обучения как своеобразных педагогически ориентированных информационных систем с использованием современных методологий и технологий моделирования и разработки таких систем.
- Создание методов и моделей для априорной оценки дидактических и эксплуатационных характеристик разрабатываемых обучающих систем.
- Снижение трудоемкости подготовки и разработки учебных электронных изданий для массового преподавателя.

Список литературы

1. Исаев, В.В. Модель управления обучением в автоматизированной обучающей системе. Текст. / В.В. Исаев // Информационные технологии. – № 2. – 2004. – С. 53-59.
2. Дистанционное обучение: Учебное пособие. Текст. / Под ред. Е.С. Полат. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1998. – 192 с.
3. Васильев, В.И. Культура компьютерного тестирования. Текст.

УДК 004.93'1

ФОРМИРОВАНИЕ ОБУЧАЮЩИХ ПРИМЕРОВ ДЛЯ КЛАССА «ВСЕ ОСТАЛЬНЫЕ» В ЗАДАЧЕ ИДЕНТИФИКАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Макимова А.Ю., канд. техн. наук

ГУ «Институт прикладной математики и механики», г. Донецк

Maximova.Alexandra@mail.ru

Введение. Рассматривается задача машинного обучения, а именно мультиклассовая задача классификации в предположении, что при эксплуатации обученного алгоритма классификации могут встречаться объекты, не принадлежащие ни одному из известных на этапе обучения классов. Это могут быть фальсификаты или образцы не учтённых классов объектов. Задачи такого типа, к примеру, возникают в идентификационной экспертизе товаров.

Формальная постановка задачи ИЭ как задачи классификации.

Под задачей идентификационной экспертизы (ИЭ) будем понимать изучение образца продукции специальным образом и анализ полученных данных с целью установления принадлежности этого образца определённому классу, либо утверждения, что он ни к одному из известных классов не относится [1, 2]. Последнее возможно на этапе эксплуатации алгоритма ИЭ, если поступают фальсификаты или образцы до сих пор неизвестных классов.

Пусть задан алфавит известных классов Ω и n -мерное пространство признаков описаний X объектов, при этом каждому классу $\omega \in \Omega$ соответствует некоторое подмножество описаний $X_\omega \subseteq X$. Введём новый класс O , соответствующий множеству признаков описаний $X_O = X \setminus \bigcup_{\omega \in \Omega} X_\omega$, и назовём его отрицательным классом. По условию задачи отрицательный класс не является пустым. Объединение всех элементов из X , отвечающих за классы из Ω , назовём положительным классом. Таким образом, отрицательный класс является теоретико-множественным дополнением положительного класса до универсального множества допустимых признаков описаний.

Пусть дана обучающая выборка как подмножество признаков описаний с ответами о принадлежности какому-либо классу. Целью настоящего исследования является по обучающей выборке построить алгоритм классификации $a: X \mapsto \Omega \cup \{O\}$, решающий задачу ИЭ. При этом ключевой задачей является анализ проблемы формирования обучающих примеров для класса «все остальные», дополняющего множество всех объектов известных классов до универсального множества, так как в обучающей выборке отсутствуют примеры для отрицательного класса $\{O\}$.

Актуальность работы. В 2014 году Яном Гудфеллоу предложена новая архитектура нейронной сети – генеративно-сопоставительная сеть (GAN) [3], которая состоит из двух нейронных сетей: дискриминатора D и генератора G . В работе [4] рассматривается теоретическая возможность применения (GAN) для решения задачи классификации с применением полу-контролируемого обучения с использованием фейкового класса. Актуальность работ обусловлена необходимостью исследования новых методов обучения GAN, так как известные методы на практике часто работают очень медленно и не всегда гарантированно сходятся.

Результат. В результате анализа постановки задачи классификации в работе [4] установлено соответствие с рассматриваемой постановкой задачи ИЭ. В работе исследована возможность применения основанного на использовании генеративно-сопоставительной нейронной сети GAN подхода к решению задачи ИЭ. В качестве примеров класса «все остальные» O на этапе обучения добавим примеры, сгенерированные генератором G GAN. Таким образом, будет увеличена размерность выходного вектора модели классификации до $m + 1$.

В качестве базового алгоритма обучения классификатора используется обучение нейронной сети с выходами, представленными логитами $\{l_1, l_2, \dots, l_m\}$ минимизацией кросс-энтропии между наблюдаемыми метками классов и предсказанными $p_{model}(y|x)$. Добавив примеры, сгенерированные GAN и поставив им метку $m + 1$ искусственно сгенерированного класса, будем использовать $P_{model}(y = m + 1|x)$ при установлении принадлежности объекта классу «все остальные».

Функция потерь классификатора имеет следующий вид:

$$L = -E_{x,y \sim p_{data}(x,y)} [\log_{p_{data}}(y|x)] - E_{x \sim G} [\log_{p_{model}}(y = m + 1|x)] \quad (1)$$

Таким образом, предложено использовать в качестве алгоритма *a* GAN с функцией потерь (1).

В **заключении** стоит отметить, что следующим этапом данного исследования является выполнение компьютерных экспериментов по обучению классификатора на языке Python.

Список литературы

1. Максимова, А.Ю. Подход к построению информационных автоматизированных систем идентификационной экспертизы на основе методов машинного обучения. – Труды конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям IS&IT (Дивноморское, 2--9 сентября 2017,г.). – Таганрог: Изд-во. Ступина С.А., 2017. – Т. 1, – С. 438--443.
2. Максимова, А.Ю. Метод принятия решений для модели классификации, построенной на основе внутриклассовой кластеризации FCM-алгоритмом // Искусственный интеллект. – 2011. – № 3. – С.171 – 181.
3. Goodfellow, I, Pouget-Absdie, J, Mirza, M, et al. Generative adversarial nets. In Advances in Neural Information Processing Systems, 2014. – pp. 1–9.
4. Salimans, T, Goodfellow, I, Zaremba, W, et al. Techniques for Training GANs. – In Advances in Neural Information Processing Systems, 2016. – pp. 2234–2242.

УДК 004.588

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ ПОДСИСТЕМЫ ПО ТЕМЕ: «ПРЕОБРАЗОВАНИЕ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ВЫРАЖЕНИЙ»

Никифоров В.А., Блохин С.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
nikiforov.vitaliy@gmail.com

В настоящее время в связи с быстрым развитием сетевых и коммуникационных технологий возникает необходимость эффективного использования новых сетевых технологий. В этой области наиболее актуальной является задача создания и широкого внедрения в учебный процесс автоматизированных систем обучения и диагностики качества знаний специалистов. Автоматизированные обучающие системы (АОС) имеют следующие характерные черты:

Гибкость. Возможность заниматься в удобное для себя время, в удобном месте и темпе. Нерегламентированный отрезок времени для освоения дисциплины.

Модульность. Возможность из набора независимых учебных курсов – модулей формировать учебный план, отвечающий индивидуальным или групповым потребностям.

Параллельность. Параллельное с профессиональной деятельностью обучение, т.е. без отрыва от производства.

Охват. Одновременное обращение ко многим источникам учебной информации (электронным библиотекам, банкам данных, базам знаний и т.д.) большого количества обучающихся. Общение через сети связи друг с другом и с преподавателями.

Экономичность. Эффективное использование учебных площадей, технических средств, транспортных средств, концентрированное и унифицированное представление учебной информации и мультидоступ к ней снижает затраты на подготовку специалистов.

Технологичность. Использование в образовательном процессе новейших достижений информационных и телекоммуникационных технологий, способствующих продвижению человека в мировое постиндустриальное информационное пространство.

Социальное равноправие. Равные возможности получения образования независимо от места проживания, состояния здоровья, элитарности и материальной обеспеченности обучаемого.

Интернациональность. Экспорт и импорт мировых достижений на рынке образовательных услуг.

Новая роль преподавателя. АОС расширяет и обновляет роль преподавателя, который должен координировать познавательный процесс, постоянно усовершенствовать преподаваемые им курсы, повышать творческую активность и квалификацию в соответствии с нововведениями и инновациями [2, 4].

Мы поставили перед собой цель, чтобы выполнялись основные функции обучающей системы:

- **описательная** – раскрывает существенные аспекты практического процесса обучения (различный инструментарий, различные специальности);

- **объяснительная** – выявляет эффективность различных компонентов обучения (например, методов) и определяет оптимальные их комбинации;

- **проектировочная** – требуется при описании процесса обучения на всех уровнях, включая уровень педагогической реализации.

Диалог, в котором целью хотя бы одного из участников служит формирование знаний и умений, называется обучающим диалогом. Простейшая форма обучающего диалога используется в традиционных формах программированного обучения.

Отличительные черты (признаки) такого диалога:

- разбиение учебного материала на порции (дозы, шаги, кадры);
- сочетание информационных кадров с вопросами по теме кадра;
- оперативное объяснение ошибки или одобрение ответа;

Таким образом, к разрабатываемой обучающей системе выдвинуты следующие требования:

- **интерактивность** — способность активно взаимодействовать с обучаемым и преподавателем.

- **интеллектуальность** — возможность моделировать работу учителя, выявлять причину ошибок в решении задач, оценивать процесс обучения, подсказывать дальнейший ход решения.

- **адаптивность** обучающей системы – это способность системы к изменениям на основе анализа значений различных параметров и использования ряда predetermined правил [1, 3, 5].

Список литературы

1. Азаров А.И. Задачи-ловушки на централизованном тестировании / А.И. Азаров, С.А. Барвенков – Мн.: Аверсэв, 2006 – 175 с.
2. Башмаков М.И. Информационная среда обучения. / М.И. Башмаков, С.Н. Поздняков, Н.А. Резник – СПб.: СВЕТ, 1997. – 400 с: ил.
3. Заренков В. А. Управление проектами: Учеб. пособие. — 2-е изд. — М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2006. — 312 с.
4. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: Учеб. пособие для студентов вузов; под. ред. Е.С. Полат. – М. , 2002 – 272 с.
5. Пирютко О.Н. «Типичные ошибки на централизованном тестировании» / О.Н. Пирютков. – Мн.:Аверсэв, 2006 – 227 с.

УДК 653.13 + 004.896

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Плешкова О.А.,

Шевцов Д.В., канд. техн. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

opleshkova@mail.ru

Развитие современного автотранспортного комплекса уже неотъемлемо связано с интеллектуальными транспортными системами (ИТС). ИТС предназначены для автоматизированного поиска и принятия к реализации максимально эффективных сценариев управления транспортной системой в целях обеспечения заданной мобильности населения, максимизации показателей использования дорожной сети и транспортной инфраструктуры, повышения безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителей и пользователей транспорта.

Посредством обмена информацией между транспортными средствами (V2V), транспортным средством и дорожной Инфраструктурой

(V2I) ИТС реально увеличивают «временной горизонт» принятия решений, качество и достоверность информации о непосредственной обстановке на дороге, о местоположении других транспортных средств и участниках дорожного движения для обеспечения большей безопасности и мобильности.

Эти тенденции развития автоиндустрии нашли свое отражение в концепции Connected Car, в основу которой положены принципы функционирования «подключенного» инновационного автомобиля с сетевыми возможностями, оснащенного средствами навигации и ориентации, связью с Интернетом. При этом использование стандарта 5G позволит в полной мере реализовать основополагающие принципы данной концепции.

В основу работы «умного» автомобиля заложено ряд технологий его взаимодействия через сеть с окружающей средой и объектами дорожного движения. В зависимости от характера взаимодействия выделяют следующие системы (рис. 1):

- автомобиль-автомобиль (vehicle-to-vehicle, V2V) – система, позволяющая двум автомобилям обмениваться друг с другом информацией о состоянии на дорогах без участия человека в режиме онлайн;
- автомобиль-инфраструктура (vehicle-to-infrastructure, V2I) – система, позволяющая автомобилям обмениваться информацией с объектами инфраструктуры (светофорами, дорожными знаками);
- автомобиль-пешеход (vehicle-to-pedestrian, V2P) – система, посредством которой автомобиль может взаимодействовать с находящимися в непосредственной близости от него пешеходами;
- автомобиль-электросеть (vehicle-to-grid, V2G) – система, позволяющая подключать автомобили в общую энергетическую сеть для его подзарядки или возвращения лишней электроэнергии обратно;

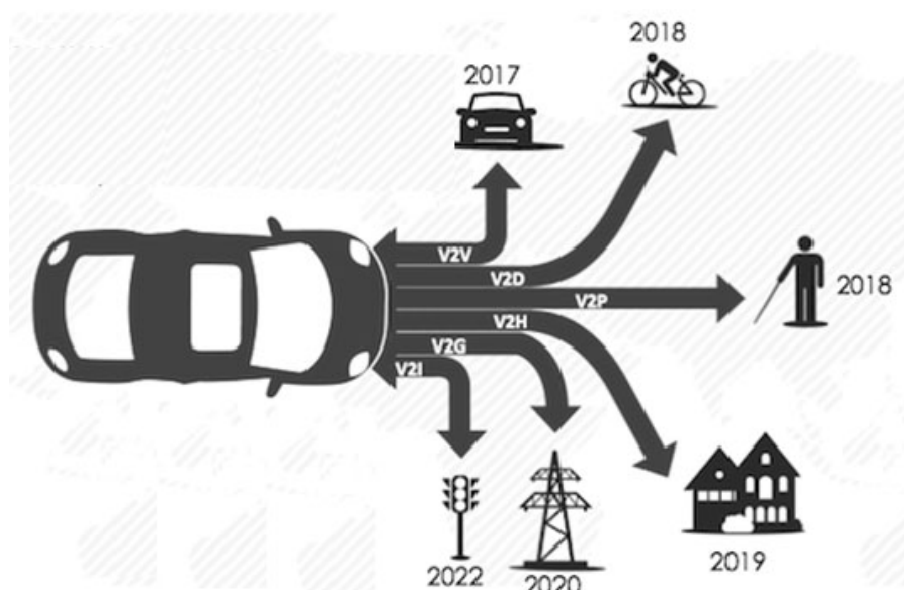


Рис. 1. Системы Vehicle-to-Everything (V2X)

- автомобиль-устройство (vehicle-to-device, V2D) – система, позволяющая автомобилю обмениваться информацией с любым электронным устройством, подключенным к самому Connected Car [3].

По мнению Доминика Бонте [1], директора и вице-президента ABI Research, поддержка систем V2X – это одно из ключевых требований для подключённого транспортного средства будущего. Технология V2X тесно связана с понятием совместной мобильности, которая позволяет автомобилям обмениваться друг с другом различной информацией. 5G, благодаря более низкой задержке при установке соединения, сделает взаимодействие через V2X более эффективным, а движение самоуправляемых автомобилей на умных дорогах – более безопасным.

По мнению передовых разработчиков ИТ-технологий в сфере автоиндустрии технология Vehicle-to-everything (V2X) позволит обеспечить:

- мгновенный обмен информацией между движущимися автомобилями, другими участниками дорожного движения и объектами инфраструктуры по беспроводной связи;

- консолидацию транспортных средств в единую оперативную сеть для обмена данными об условиях дорожного движения;

- оповещение об экстренных дорожных ситуациях задолго до того, как они появятся в его поле зрения, а также сориентирует водителя о местоположении автомобиля экстренных служб и подскажет, в какой ряд передвинуться, чтобы уступить дорогу;

- возможность предупреждения о наличии автомобиля на обочине или в «мертвой» зоне, а также о резком торможении, или об участках, где ведутся дорожные работы;

- способность предупреждения столкновения, если, например, за поворотом находится сломанный автомобиль, который не может свернуть на обочину.

Отталкиваясь от возможностей ИТС, применение технологии V2X выведет автопилотирование на новую ступень надёжности и безопасности. Прогнозирование трафика станет более точным, а сервисы для отслеживания муниципального транспорта повсеместными.

Чтобы технология V2X стала осуществима, две сферы – автотранспортная и телекоммуникационная, должны распространить зону покрытия 5G-сигнала и создать условия для уверенного приёма. В сетях 4G реализовать такой сервис невозможно, поскольку версии этого стандарта базируются на технологиях WLAN и LTE и задержка сигнала слишком велика, чтобы управлять автомобилем в режиме реального времени, а стандарт 5G предоставит возможность мобильным операторам ввести в эксплуатацию больше услуг и сервисов для автомобильной экосистемы посредством низкой задержки при передаче данных – в среднем 4 мс против 20 мс у LTE.

По сетям 5G автомобили смогут коммуницировать между собой, и принимать мгновенные решения относительно той или иной ситуации на основе информации, полученной от других транспортных средств на

дороге. Цифровая система предупредит водителя о наличии на пути следования транспортного средства, даже если оно не движется и еще не находится в поле зрения водителя.

Таким образом, внедрение технологии V2X является перспективным направлением развития ИТС. При этом переход на стандарт 5G облегчит создание «подключенной экосистемы», внутри которой носимые устройства, автомобили с сетевыми возможностями и датчики будут подключаться к интернету. Следовательно, технология 5G, опирающаяся на гиперконвергентную инфраструктуру, облачные вычисления и NFV, преобразует текущие бизнес-модели и вызовет появление новых.

Список литературы

1. Vehicle-to-Everything (V2X) 5G в эволюции автомобилей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://tadviser.ru/a/395038>.
2. Беспилотные автомобили в России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://tadviser.ru/a/363284>.
3. Connected Car : V2V, V2I, V2X, V2P, V2G, V2D. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://1234g.ru/novosti/v2v-v2i-v2x-v2p-v2g-v2d-connected-car>.
4. Жанказиев С.В. Интеллектуальные транспортные системы : учеб.пособие / С.В. Жанказиев. – М. : МАДИ, 2016. – 120 с.

УДК 004.588

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ ПОДСИСТЕМЫ ПО ТЕМЕ «РАЦИОНАЛЬНЫЕ И ИРАЦИОНАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ И СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ»

Суровцев Д.И., Дмитренко Н.А.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
surovtsevdeenis@gmail.com

Повышение эффективности обучения является одной из глобальных задач. Эффективность обучения, в свою очередь, связана с использованием информационных технологий и в значительной степени зависит от качества обучающих программ, степени их соответствия особенностям образовательного процесса [1–4]. Большинство обучающих программ, представленных на рынке, не лишены недостатков, особенно если рассматривать контроль знаний. Кроме того, на сегодняшний день отсутствуют готовые программные решения, способные если не заменить преподавателя полностью (что, судя по всему, невозможно), то максимально облегчить его работу.

Все обучающие системы можно разделить условно на четыре категории:

— *информационные обучающие средства* предназначены для односторонней связи с учащимся. К ним относится большая группа широко используемых визуальных информационных устройств, применяемых для иллюстрации материала вовремя групповых занятий и для выдачи различных справок учебного характера по индивидуальному запросу;

— *контролирующие программы* предназначены для автоматизации процесса контроля знаний учащихся. Подобные программы могут использоваться для контроля знаний по одному определенному учебному предмету или даже по более узкому кругу вопросов какой-либо дисциплины. Универсальные контролирующие программы предназначены для контроля знаний, учащихся по нескольким предметам. Они успешно используются для проверки подготовленности к лабораторным работам, для контроля профессиональных навыков и т.п. Имеется положительный опыт использования таких устройств для контроля текущей работы учащихся, приема зачетов и экзаменов;

— *репетиторы* — программные продукты, объединяющие функции информационных и контролирующих программных средств и наиболее полно отвечающие условиям программированного обучения. Специализированные репетиторы, предназначенные для отработки, контроля и закрепления относительно узкого круга профессиональных навыков, являются по существу тренажерами;

— *исследующие программы* предназначены для педагогических исследований — в них предусмотрена возможность регистрации хода учебного процесса. Получаемые при этом результаты позволяют сформулировать конкретные рекомендации по совершенствованию учебного процесса и системы образования [2].

Мы поставили перед собой задачу создать компьютерную обучающую программу, способную взять на себя основные функции преподавателя, а именно:

— *диагностирующая функция*. Управление процессом обучения основывается, прежде всего, на знании учащихся: уровне их подготовленности, возможностей, воспитанности, развития. Обучающая система должна быть способна определить уровень знаний учащегося по определённому предмету, выявить его слабые и сильные стороны;

— *проективная (проектировочная) функция* учителя заключается в конструировании модели предстоящей деятельности, выборе способов и средств, позволяющих в заданных условиях и в установленное время достичь цели, выделении конкретных этапов достижения цели, формировании для каждого из них частных задач, определении видов и форм оценки полученных результатов и т. д.;

— *информационная функция*. Учитель — главный источник информации для обучаемых. Он знает все обо всем, а своим предметом, педагогикой, методиками и психологией владеет в совершенстве;

— *контрольная, оценочная и коррекционная* функции, объединяемые иногда в одной, необходимы педагогу прежде всего для создания действенных стимулов, благодаря которым будет развиваться процесс, и в нем будут происходить намеченные изменения;

— *аналитическая* функция, главным содержанием которой является анализ завершённого дела; какова эффективность, почему она ниже намеченной, где и почему возникли ошибки и т. д.

Использование компьютерных обучающих систем не имеет своей целью полностью исключить участие преподавателя из обучающего процесса. Компьютерные программы неспособны реализовать, например, *организационную* деятельность, которая связана в основном с вовлечением учащихся в намеченную работу, сотрудничеством с ними в достижении намеченной цели; *эмоциональную* составляющую, проявляющиеся в умении проникать в духовный мир воспитуемых, объективно оценивать их эмоциональное состояние, выявлять особенности психики или коммуникативные способности, проявляющиеся в умении учителя устанавливать педагогически целесообразные отношения с учащимися, их родителями, коллегами, руководителями учебного заведения. Используя качественные обучающие системы, преподаватель способен кардинально изменить процесс обучения, сделать его более продуктивным [2].

Сформулируем основные требования к компьютерным обучающим системам:

- интерактивность;
- интеллектуальность;
- адаптивность.

Интерактивность — наличие в обучающей информационной системе компоненты взаимодействия с пользователем (вывод сообщений, подсказок, удобный редактор математических выражений, ввода и вывода задач).

Интеллектуальность — возможность моделировать работу учителя, выявлять причину ошибок в решении задач, оценивать процесс обучения, подсказывать дальнейший ход решения.

База знаний не должна являться константой в обучающей ИС. Способность настраиваться, в зависимости от уровня ученика — есть требование *адаптивности* программы. Кроме того, важно иметь базу легко изменяющихся текстовых сообщений, каталог ошибок, включающий ошибку, её описание, сообщение, сопровождающее эту ошибку.

Полноценная обучающая система должна быть гибридной, т. е. обучая одному алгоритму, она должна быть способной обучать и всем используемым вспомогательным алгоритмам.

С созданием подобной обучающей информационной системы связан круг проблем, которые необходимо решить. Например, как классифицировать ошибки, совершаемые пользователем, с целью выявить

его «слабые» места, а также определить уровень знаний обучающегося. При решении задачи и наблюдением за решением пользователя возникают вопросы, связанные с тем, правилен и эффективен ли ход (или один шаг) решения обучающегося; как организовать хранение и представление базы знаний, как построить интеллектуальный алгоритм решения задачи компьютером.

Список литературы

1. Ленинская М. А. Продукционная модель интерактивной компоненты обучающей системы / М. А. Левинская // Математика. Компьютер. Образование: сб. науч. Трудов – Москва – Ижевск: Научно-издательский центр и «Регулярная и хаотическая динамика», 2003. – Вып. 10. – Ч. 1 – С. 81- 93
2. Карлащук В. И. Обучающие программы / В. И. Карлащук. — М.: ООО Издательство «Солон-Р», 2001. – С. 110.
3. Семенова Н. Г. Дидактические возможности мультимедийных обучающих пособий / Н.Г. Семенова // Новые информационные технологии в образовании : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург: РГПУ, 2007. – С 71-83.
4. Роберт И. В. Основные направления научных исследований в области информатизации профессионального образования / И В. Роберт, В. А. Поляков. – М.: Образование и Информатика. 2004. – С. 135.

УДК 004.896

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К ЗАДАНИЮ МНОГОМЕРНЫХ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ТЕРМОВ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

Тарасова И.А.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк
irina_tarasova@i.ua

Актуальность. Одной из самых важных проблем в теории нечетких множеств является вопрос о построении функций принадлежности. Существующие методы нечеткого управления в основном используют в качестве термов нечеткие переменные с одномерными функциями принадлежности, что позволяет, с одной стороны, использовать простое и наглядное представление функций принадлежности, с другой стороны, – теряется зависимость между управляющими переменными, обусловленная нелинейными ограничениями на управление. Кроме того, лингвистические переменные могут иметь сложную физическую природу, требующую использования нескольких связанных параметров для определения их значений [1–3]. Решить данную проблему может использование термов лингвистических переменных с функциями принадлежности нескольких аргументов [4–7].

Существующие способы построения функций принадлежности существенно зависят от экспертного мнения. Методы задания и определения вида многомерных функций принадлежности в настоящее время недостаточно разработаны.

Целью исследования является повышение эффективности управления плохо формализуемыми объектами за счет разработки новых и совершенствования существующих способов построения функций принадлежности термов лингвистических переменных.

Для реализации цели, предложены новые подходы к формированию термов нечетких лингвистических переменных с многомерными функциями принадлежности. Они включают формирование типовых видов аналитического представления функций принадлежности нескольких аргументов и разработку метода формирования функций принадлежности нескольких аргументов в табличном виде на основе нечеткой кластеризации.

Для представления функций принадлежности термов лингвистических переменных $\mu_k^l(\bar{x}_l)$ в аналитической форме используется некоторая функциональная зависимость с числом аргументов n . В качестве такой зависимости могут выступать функции принадлежности следующих типов [4]:

а) гиперболоидная функция принадлежности для k -го значения входной лингвистической переменной β_l , которая задается следующим образом:

$$\mu_k^l(\bar{x}_l) = \begin{cases} 2 - \sqrt{1 + \sum_{j=1}^n \frac{(x_j^l - x_{kj}^{lo})^2}{(h_{kj}^l)^2}}, & \text{если } \sqrt{1 + \sum_{j=1}^n \frac{(x_j^l - x_{kj}^{lo})^2}{(h_{kj}^l)^2}} < 2, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

где x_j^l – значение j -ой входной переменной, относящейся к l -ой входной лингвистической переменной; x_{kj}^{lo} – j -ое значение центра гиперболоида k -го значения l -ой входной лингвистической переменной; h_{kj}^l – ненулевые числовые параметры.

- б) конусообразная функция принадлежности;
- в) колоколообразная функция принадлежности;
- г) эллипсоидная функция принадлежности;
- д) пирамидальная функция принадлежности;
- е) трапецевидная функция принадлежности.

Однако в большинстве случаев, задание функций принадлежности аналитически является невозможным, особенно при количестве переменных, большем трех. Такие функции принадлежности $\mu_l(\bar{x}_l)$ возможно построить в табличном виде на основе статистических данных.

Метод формирования многомерных функций принадлежности термов лингвистических переменных в табличном виде включает в себя следующие этапы [2]:

- выделение лингвистических переменных и сопоставление им характеристик объекта моделирования;
- сбор статистических данных о деятельности объекта моделирования;
- нечеткая кластеризация статистических данных по каждой лингвистической переменной;
- формирование термов лингвистической переменной путем присваивания полученным кластерам названий;
- формализация функций принадлежности термов.

Результат. Формализация модели нечеткого управления с использованием функций принадлежности нескольких аргументов привела к необходимости формирования методов задания таких функций принадлежности. Для использования в задачах моделирования и управления на принципах нечеткой логики предложены основные типы аналитических функций принадлежности нескольких аргументов. Разработан новый метод построения функций принадлежности, который в отличие от существующих, позволяет задавать многомерные функции принадлежности термов лингвистических переменных на основе статистических данных с применением нечеткой кластеризации.

Применение разработанных подходов к заданию многомерных функций принадлежности термов лингвистических переменных позволяет сохранить в нечеткой модели управления нелинейные взаимосвязи между переменными объекта, а также снизить влияние субъективности эксперта за счет автоматизации процесса построения функций принадлежности.

Список литературы

1. И.А. Тарасова Нечеткое управление на основе переменных с многомерными функциями принадлежности в диагностике и лечении гипертензивных осложнений беременности // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2012. – № 4. – С. 169-173.
2. Шушура А. Н. Способ задания многомерных функций принадлежности термов лингвистических переменных / Шушура А. Н., Тарасова И. А. // Международный научно-технический журнал “Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія”. – 2013. – № 1(26). – С. 39-44.
3. Шушура А.Н. Метод нечеткого управления на основе переменных с многомерными функциями принадлежности / А.Н. Шушура, И.А. Тарасова // Искусственный интеллект. – 2010. – №1. – С. 122-128.
4. Разработка подходов к заданию многомерных функций принадлежности термов лингвистических переменных в задачах нечеткого управления // Электронный научный журнал "Отраслевые аспекты технических наук". – 2014. – Выпуск 2(38) Март-Апрель. – С. 11-22. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.branch-aspects-of-technical-sciences.ingnpublishing.com/archive/2014/>

vypusk_2_38_mart-aprel_release_2_38_march-april/
tarasova_i_a_razrabotka_podhodov_k_zadaniyu_mnogomernyh_funkcij_prinadlezhnosti_
termov_lingvisticheskikh_perem

5. Тарасова И.А. Синтез структуры и алгоритмов системы нечеткого управления с использованием функций принадлежности нескольких аргументов / А.Н. Шушура, И.А. Тарасова // *Universum: Технические науки: электрон. научн. журн.* – Москва: Общество с ограниченной ответственностью Международный центр науки и образования. – 2014. – № 4 (5) . – URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/1259>
6. Тарасова И. А. Принципы построения и архитектура базы знаний системы нечеткого управления на основе многомерных функций принадлежности / И. А. Тарасова // *Вестник Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского.* – 2013. – № 2 (79). – С. 56-61.
7. Тарасова И.А. Разработка базовых структур системы искусственного интеллекта для реализации нечеткого управления с использованием функции принадлежности нескольких аргументов / Тарасова И.А. // *Информатика и кибернетика.* – 2016. – №1(3). – С. 198–202.

УДК 004

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА В УЗБЕКИСТАНЕ

Утепбергенова А.Т.,

Алламбергенова М., канд. техн. наук

Нукусский государственный педагогический институт им. Ажинияза, г. Нукус

В Республике Узбекистан осуществляется большая и плодотворная деятельность по дальнейшему развитию ИКТ, их эффективному внедрению в государственную и общественную жизнь страны. Развитие сферы связи, информатизации и телекоммуникационных технологий как важного фактора повышения благосостояния народа и экономического роста страны, является одним из основных приоритетов государственной политики Узбекистана.

За годы независимости в нашей стране реализован комплекс мероприятий в сфере информатизации государственного и общественного управления, а также дальнейшего совершенствования системы обеспечения информационной безопасности личности, общества и государства.

В частности, в годы независимости было принято более десяти законов в данной сфере, в том числе, «О принципах и гарантиях свободы информации» [1], «О гарантиях и свободе доступа к информации» [2], «Об информатизации» [3], «Об электронной цифровой подписи» [4], «О связи» [5], «О радиочастотном спектре» [6] и др. Они регламентируют вопросы обеспечения защиты информации и информационной безопасности личности, общества и государства, охраны информационных ресурсов и

информационных систем, в частности, сохранения конфиденциальности информации, предотвращения ее утечки, хищения, утраты, предотвращения искажения и фальсификации информации. В свою очередь, принятие вышеизложенных законодательных актов обеспечило возможность формирования и дальнейшего развития новых правовых институтов в данной сфере.

К тому же настоящее время принята правительственная программа по комплексному развитию информационно-коммуникационной системы Узбекистана на 2013–2020 годы. Для успешного выполнения данной программы успешно решаются следующие задачи:

- эффективное обеспечение населения республики возможностью осуществлять взаимоотношения органами государственной власти в электронной форме;
- внедрение и использования принципа «единого окна» в системе государственного регулирования;
- осуществления мероприятий по созданию комплексов информационных систем и баз данных «Электронное Правительство».

Целями принятия программы являются дальнейшее развитие и широкое внедрение во всех отраслях экономики и сферах жизни страны современных информационно-коммуникационных технологий, обеспечение ускоренного развития информационных ресурсов, систем и сетей, а также стимулирование расширения спектра и улучшения оказываемых интерактивных государственных услуг субъектам предпринимательства и населению.

Развитие информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), являющееся важнейшим фактором поднятия благосостояния и экономического роста, становится одним из основных приоритетов государственной политики Узбекистана.

Список литературы

1. Закон Республики Узбекистан от 12.12.2002 г. № 439-П «О принципах и гарантиях свободы информации» // Собрание законодательства Республики Узбекистан, 2003 г., № 3, ст. 18.
2. Закон Республики Узбекистан от 24.04.1997 г. № 400-И «О гарантиях и свободе доступа к информации» // Ведомости Олий Мажлиса Республики Узбекистан, 1997, № 4-5, ст. 108.
3. Закон Республики Узбекистан от 11.12.2003 г. № 560-П «Об информатизации» // Собрание законодательства Республики Узбекистан, 2004 г., № 6, ст. 67.
4. Закон Республики Узбекистан от 11.12.2003 г. № 562-П «Об электронной цифровой подписи» // Собрание законодательства Республики Узбекистан, 2004 г., № 4, ст. 41.
5. Закон Республики Узбекистан от 13.01.1992 г. № 512-ХП «О связи» // Ведомости Верховного Совета Республики Узбекистан, 1992 г., № 3, ст. 159.
6. Закон Республики Узбекистан от 25.12.1998 г. № 725-И «О радиочастотном спектре» // Ведомости Олий Мажлиса Республики Узбекистан, 1990, № 1, ст. 16.

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ ПОДСИСТЕМЫ ПО ТЕМЕ «ОБЪЕМЫ И ПЛОЩАДИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ»

Федорченко П.А., Рыбалко Л.А.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
pavel3124@mail.ru

В последнее время в процессе обучения все большую популярность набирают автоматизированные обучающие системы (АОС), которые обладают рядом преимуществ в отличие от традиционных методов обучения. АОС предоставляют возможность создавать материалы в удобной для восприятия форме (таблицы, графики, анимация), хранить большое количество информации разного характера в одном месте и легко работать с этой информацией. Также АОС обеспечивают возможность перехода на прогрессивные методики обучения, при которых обучаемые готовятся самостоятельно, а при общении с преподавателем обсуждают только непонятные и сложные для восприятия материалы.

Одной из проблем организации обучающего процесса является устаревшее программное обеспечение (ПО), вследствие этого было решено разработать автоматизированную обучающую систему (АОС) дающую базовые знания об устройстве и работе на персональном компьютере (ПК) и основных программах.

Актуальность исследования заключается в необходимости разработки обучающей системы. Данная система будет являться новым направлением в разработке обучающих систем.

Цель: разработка обучающей системы с современной информационной базой, достаточной для работы в новейших операционных системах и офисных программах для автоматизации.

Объект исследования: процесс разработки модульной обучающей системы.

Предмет исследования: разработка интерактивной обучающей подсистемы по теме «Объемы и площади поверхностей геометрических тел».

Программа будет иметь простой и удобный интерфейс что способствует более эффективному обучению и продвинутой системой навигации для быстрого доступа к интересующим материалам.

В основе разработки АОС заложены следующие принципы: модульности, вариативности, проблемности и паритетности, стереоскопичности, открытости. Принцип стереоскопичности. Данный принцип предполагает наглядное представление информации, при котором текстовая информация дополняется графическими, анимационными

и звуковыми элементами. При ошибках обучаемого АОС должна находить их причины и объяснять студенту как их исправить.

Принцип модульности. АОС имеет модульную структуру, которая позволяет исправлять или модифицировать систему. Модули АОС также должны быть расширяемы. [5]

Принцип вариативности. АОС должна быть динамичной, мобильной и открытой для изменений. [3]

Принцип паритетности. АОС формирует культуру учебной деятельности и позволяет преподавателю делегировать ряд функций. [2]

Принцип открытости. АОС предоставляет возможность изменений в своей структуре. Вся информация, хранящаяся в АОС, доступна для использования в локальных и глобальных сетях. [4]

Наиболее широкими функциональными возможностями и высокой эффективностью в учебном процессе обладают АОС, где организована обратная связь между учащимся и обучающей системой.

Прогноз относительно перспектив АОС с помощью современных технологий дать не так уж просто, поскольку их судьба зависит от многих обстоятельств, на часть которых создатели обучающих программ и их потенциальные клиенты никак повлиять не могут. Перспективы распространения дистанционного обучения зависят от таких глобальных факторов, как общее состояние экономики. Сейчас высокий спрос на высококвалифицированных специалистов по ИТ способствует активному развитию рынка обучения, но этот баланс может нарушиться, если ситуация на рынке труда существенно изменится.

Как мы уже видели, многие из этих тенденций вполне реальны, так что будущее дистанционного обучения выглядит многообещающим. Хотя отрасль по-прежнему будет зависеть от внешних обстоятельств, технология дистанционного обучения наверняка сможет быстро адаптироваться к новым условиям.

Список литературы

1. Башмаков М.И., Поздняков С.Н., Резник Н.А. Информационная среда обучения. – СПб.: СВЕТ, 1997. – 400 с.
2. Заренков В. А. Управление проектами: Учеб. пособие. – 2-е изд. - М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2006. – 312 с.
3. Изергин Н.Д., Кудряшов А.А., Руднев А.Ю., Тегин В.А. Разработка электронных учебных изданий. Учебно - Коломна 2005. – 160 с.
4. Мельников А.В., Цытович П.Л. Принципы построения обучающих систем и их классификация // Электронный журнал «Педагогические и информационные технологии». – 2001. – № 4. http://scholar.urf.ac.ru/ped_journal/numero4/pedag/tsit3.html.ru
5. Полат Е.С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: – М., 2002 – 272 с.

СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВОЙ ПОДПИСИ НА ОСНОВЕ ПОСТРОЕННОЙ ХЭШ-ФУНКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИИ ДВУХ ШИФРОВ

Шкодина Л.Н., канд. физ.-мат. наук, доцент,

Любина А.Б., Присяжнюк Е.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

kotova.lyudmila.alekseevna@gmail.com

Актуальность темы. Современное общество все в большей степени становится информационно-обусловленным, успех любого вида деятельности все сильнее зависит от обладания определенными сведениями и от отсутствия их у конкурентов. Владение информацией необходимого качества в нужное время и в нужном месте является залогом успеха в любом виде хозяйственной деятельности. Монопольное обладание определенной информацией оказывается зачастую решающим преимуществом в конкурентной борьбе. Поэтому информацию при пересылке по компьютерным сетям шифруют.

При пересылке электронных документов, не содержащих секретных сведений, нет необходимости зашифровывать их полностью. В этом случае под документом ставится электронно-цифровая подпись (ЭЦП), которая основана на использовании хэш-функции. Хэш-функция делает выжимку из всего документа, и её полученный короткий результат зашифровывается с помощью композиции двух шифров [1]. В одном случае в качестве композиции шифров рассматривается аффинный шифр 3-го порядка, а затем шифр Эль-Гамала. В другом случае для создания ЭЦП хэш-код шифруется периодическим шифром и к полученному результату применяется алгоритм RSA [4, 5].

Описание алгоритма. При построении хэш-функции исходный документ делится на блоки по 15 или 20 элементов. Затем выбираются произвольно исходные векторы (цифровые) A_i ($i = \overline{1,4}$) и дополнительные блоки a_i ($i = \overline{1,4}$) с начальными значениями $a_i = A_i$. Каждый дополнительный блок a_i обрабатывается с помощью построенных функций:

$$\begin{aligned} f_1(x, y, z) &= xy + z^{-1}, & f_3(x, y, z) &= ((3x + y - z) \ll 2), \\ f_2(x, y, z) &= ((x - y)^{-1})z, & f_4(x, y, z) &= 2x + 2y + (z \gg 3), \end{aligned} \quad (1)$$

где x, y, z – векторы [2, 4, 6].

Затем, над каждым блоком исходного текста W_k (в цифровой форме) и векторами a_i ($i = \overline{1,4}$) выполняются арифметические операции, операции сдвига, операции нахождения мультипликативного обратного к элементам участвующих векторов :

$$\begin{aligned}
R[j] &= (W_k[j] + C[j] + a_1[j]) \bmod n, \\
a_1[j] &= (a_3[j] + C[j]) \bmod n, \\
a_2[j] &= (a_1[j] + R[j]) \bmod n, \\
a_3[j] &= (a_i[j]) \bmod n, \\
a_4[j] &= (a_4[j] + R[j]) \bmod n,
\end{aligned} \tag{2}$$

где j меняется от 1 до 15 (или 20), $C[j]$ – результат функции f_1 или f_2 , или f_3 , или f_4 [6].

В результате этой обработки векторы a_i получают новые значения, содержащие сведения от каждого текущего блока исходного текста W_k . Исходные векторы A_i после окончания обработки каждого блока W_k получают новые значения:

$$A_i = (A_i + a_i) \bmod n, (i = \overline{1,4}) \tag{3}$$

Здесь n – размер выбранного алфавита или числового множества.

Окончательно, после обработки последнего блока W_k текста, получаем хэш-код h :

$$h = \left(\sum_{i=1}^4 A_i \right) \bmod n. \tag{4}$$

Построенный хэш-код является стойким. Небольшое изменение исходного текста сильно изменяет хэш-код. К полученному хэш-коду применяется композиция двух шифров [6].

Пример. Исходный текст: “*cryptography is very interesting science.*”
Хэш-код: $h=77121382322413272721231511$.

Результат шифрования периодическим шифром:

281262480273027242313112.

Применения алгоритма RSA и окончательный результат ЭЦП:

80579522507101015147801515072331579.

Список литературы

1. Мао В. Современная криптография: Теория и практика / В. Мао. – М.: Вильямс, 2005. – 763 с.
2. Петров А. А. Компьютерная безопасность. Криптографические методы защиты / Петров А. А. – М.: ДМК, 2000. – 445 с.
3. Рябко Б. Я. Криптографические методы защиты информации / Рябко Б. Я., Фионов А. Н. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 229 с.
4. Столингс В. Криптография и защита сетей / В. Столингс. – М.: Вильямс, 2001. – 669 с.
5. Х.К.А. Ван Тилборг Основы криптологии / Х.К.А. Ван Тилборг. – М.: МИР, 2006. – 271 с.
6. Шкодина Л.Н. Построение хэш-функции и создание электронно-цифровой подписи с использованием симметричного и асимметричного шифров / Л.Н. Шкодина // Вестник ДонНУ. Сер.А. Естественные науки. – 2016. – Вып. 3. – С. 50-54.

Теория вероятностей и математическая статистика

УДК 519.21

ОБ ОДНОМ РЕЗУЛЬТАТЕ ДЖ. ДУРБИНА

Бондарев Б.В., д-р физ.-мат. наук, профессор,

Пола А.В., аспирант

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

naisy93@mail.ru

Введение. Нахождение скорости сходимости к предельному распределению – одна из важнейших задач математической статистики, поэтому является актуальной в настоящее время. В работе данная задача решена для параметрической функции распределения с использованием метода половины выборки, предложенного Дж. Дурбиным [2].

Постановка задачи. Пусть $\{x_1, \dots, x_n, x_{n+1}, \dots, x_{2n}\}$ – независимые наблюдения над случайной величиной ξ с непрерывной функцией распределения $F(x, \theta_0)$, принадлежащей параметрическому семейству функций распределения $F(x, \theta), \theta \in Q$ – некоторому параметрическому множеству, которое будет описано в дальнейшем, то есть найдётся параметр $\theta_0 \in Q$, при котором распределение наблюдаемой случайной величины и будет одна из функций семейства, а именно функция $F(x, \theta_0)$. Пусть θ_n – оценка максимального правдоподобия, построенная по любой половине выборки $\{x_1, \dots, x_n, x_{n+1}, \dots, x_{2n}\}$. Не нарушая общности, будем считать, например, по выборке $\{x_1, \dots, x_n\}$.

Пусть эмпирическая функция распределения, построенная по всей выборке $\{x_1, \dots, x_n, x_{n+1}, \dots, x_{2n}\}$ имеет вид:

$$F_{2n}(x) = \frac{1}{2n} \sum_{k=1}^{2n} \chi_{(-\infty, x)}(x_k), \chi_{(-\infty, x)}(y) = \begin{cases} 1, y \in (-\infty, x), \\ 0, y \notin (-\infty, x). \end{cases}$$

Необходимо найти предельное распределение статистики $\sqrt{2n}(F_{2n}(x) - F(x, \theta_n))$ и оценить скорость сходимости к предельному распределению А.Н. Колмогорова.

Основной результат. Хорошо известно, что при определённых условиях [1], оценка максимального правдоподобия θ_n допускает представление

$$\sqrt{n}(\theta_n - \theta_0) = \frac{1}{I(\theta_0)\sqrt{n}} \sum_{k=1}^n \frac{\frac{\partial f(x_k, \theta_0)}{\partial \theta}}{f(x_k, \theta_0)} + \delta_n, \delta_n \rightarrow 0, n \rightarrow +\infty,$$

$$f(x, \theta) = \frac{\partial F(x, \theta)}{\partial x}, \frac{\partial f(x, \theta)}{\partial \theta} = \frac{\partial^2 F(x, \theta)}{\partial x \partial \theta}, \quad (1)$$

$$I(\theta_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} \left[\frac{\frac{\partial f(x, \theta_0)}{\partial \theta}}{f(x, \theta_0)} \right]^2 f(x, \theta_0) dx = M \left[\frac{\frac{\partial f(x_k, \theta_0)}{\partial \theta}}{f(x_k, \theta_0)} \right]^2, M \left[\frac{\frac{\partial f(x_k, \theta_0)}{\partial \theta}}{f(x_k, \theta_0)} \right]^{2+\delta} < +\infty.$$

Рассмотрим разность $\sqrt{2n}(F_{2n}(x) - F(x, \theta_n))$ и статистику А.Н. Колмогорова для неё. Дж. Дурбин в работе [2] показал, что предельное распределение такой статистики совпадает с классическим распределением Колмогорова, то есть имеет место

$$P \left\{ \sup_{-\infty < x < +\infty} \sqrt{2n} |F_{2n}(x) - F(x, \theta_n)| < \lambda \right\} = P \left\{ \sup_{t \in [0,1]} |W(t) - tW(1)| < \lambda \right\}, \quad (2)$$

где $W(t)$ – стандартный винеровский процесс, а, стало быть, $W_0(t) = W(t) - tW(1)$ – броуновский мост. Это утверждение базировалось на следующем построении

$$\begin{aligned} \lim_{n \rightarrow +\infty} M \sqrt{2n} [F_{2n}(x) - F(x, \theta_n)] \sqrt{2n} [F_{2n}(y) - F(y, \theta_n)] &= \\ = \lim_{n \rightarrow +\infty} \sqrt{2n} [F_{2n}(x) - F(x, \theta_0)] \sqrt{2n} [F_{2n}(y) - F(y, \theta_0)]. \end{aligned} \quad (3)$$

Само собой предполагалось, что случайный процесс $Y_{2n}(x) = \sqrt{2n} [F_{2n}(x) - F(x, \theta_n)]$ слабо сходится к некоторому гауссовскому процессу типа броуновского моста $W_0(x) = W(F(x, \theta_0)) - F(x, \theta_0)W(1)$, $-\infty < x < +\infty$.

Рассмотрим другой приём доказательства этого результата, который позволит говорить также и о скорости сходимости к предельному распределению.

Пусть

$$Y_{2n}(x, \theta_n) = \frac{1}{\sqrt{2n}} \sum_{k=1}^{2n} [\chi_{(-\infty, x)}(x_k) - F(x, \theta_n)] = Y_n^1(x, \theta_0) + Y_n^2(x, \theta_0) + \delta_n^1,$$

$$Y_n^1(x, \theta_0) = \frac{1}{\sqrt{2n}} \sum_{k=1}^n [\chi_{(-\infty, x)}(x_k) - F(x, \theta_0)] - \frac{\partial F(x, \theta_0)}{\partial \theta} \frac{\sqrt{2}}{I(\theta_0)} \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{k=1}^n \frac{\frac{\partial f(x_k, \theta_0)}{\partial \theta}}{f(x_k, \theta_0)} + \delta_n^1,$$

$$Y_n^2(x, \theta_0) = \frac{1}{\sqrt{2n}} \sum_{k=n+1}^{2n} [\chi_{(-\infty, x)}(x_k) - F(x, \theta_0)].$$

Сделаем замену $F(x, \theta_0) = t, x = F^{-1}(t, \theta_0), F(x_k, \theta_0) = t_k, x_k = F^{-1}(t_k, \theta_0)$.

$$Y_n^1(F^{-1}(t, \theta_0), \theta_0) = \frac{1}{\sqrt{2n}} \sum_{k=1}^n [\chi_{(0,t)}(t_k) - t] -$$

$$- \frac{\partial F(F^{-1}(t, \theta_0), \theta_0)}{\partial \theta} \frac{\sqrt{2}}{I(\theta_0)} \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{k=1}^n \frac{\frac{\partial f(F^{-1}(t_k, \theta_0), \theta_0)}{\partial \theta}}{f(F^{-1}(t_k, \theta_0), \theta_0)} + \delta_n^1,$$

$$Y_n^2(F^{-1}(t, \theta_0), \theta_0) = \frac{1}{\sqrt{2n}} \sum_{k=n+1}^{2n} [\chi_{(0,t)}(t_k) - t],$$

тогда корреляция между первым и вторым слагаемыми $Y_n^1(F^{-1}(t, \theta_0), \theta_0)$ равна

$$\frac{\partial F(F^{-1}(t, \theta_0), \theta_0)}{\partial \theta} M \frac{1}{\sqrt{2n}} \sum_{k=1}^n [\chi_{(0,t)}(t_k) - t] \frac{\sqrt{2}}{I(\theta_0)} \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{k=1}^n \frac{\frac{\partial f(F^{-1}(t_k, \theta_0), \theta_0)}{\partial \theta}}{f(F^{-1}(t_k, \theta_0), \theta_0)} =$$

$$= \frac{\partial F(F^{-1}(t, \theta_0), \theta_0)}{\partial \theta} \frac{1}{nI(\theta_0)} M \sum_{k=1}^n \frac{\frac{\partial f(F^{-1}(t_k, \theta_0), \theta_0)}{\partial \theta}}{f(F^{-1}(t_k, \theta_0), \theta_0)} \chi_{(0,t)}(t_k) =$$

$$= \frac{1}{I(\theta_0)} \left[\frac{\partial F(F^{-1}(t, \theta_0), \theta_0)}{\partial \theta} \right]^2.$$

Используя технику А.И. Саханенко можно построить на одном вероятностном пространстве с $\frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{k=1}^n [\chi_{(0,t)}(t_k) - t]$ броуновский мост

$W_0(t) = W(t) - tW(1)$, с $\frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{k=n+1}^{2n} [\chi_{(0,t)}(t_k) - t]$ броуновский мост

$\bar{W}_0(t) = \bar{W}(t) - t\bar{W}(1)$, независимый от $W_0(t)$, и винеровский процесс $\tilde{W}(t)$ независимый от $\bar{W}_0(t)$, такие, что $M\tilde{W}(1)W_0(t) = -\frac{1}{I(\theta_0)} \left[\frac{\partial F(F^{-1}(t, \theta_0), \theta_0)}{\partial \theta} \right]^2$.

Тогда имеем представление

$$Y_{2n}(F^{-1}(t, \theta_0), \theta_n) = \frac{1}{\sqrt{2}} W_0(t) + \frac{1}{\sqrt{2}} \bar{W}_0(t) + \frac{\partial F(F^{-1}(t, \theta_0), \theta_0)}{\partial \theta} \tilde{W}(1) + \delta_n^1,$$

а в силу (3) имеем результат Дж.Дурбина. Используя технику А.И. Саханенко [3] можно оценить скорость сходимости к предельному распределению А.Н. Колмогорова.

Список литературы

1. Ибрагимов И.А., Хасьминский Р.З. Асимптотическая теория оценивания / И.А. Ибрагимов, Р.З. Хасьминский. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 528 с.

2. Durbin J. Weak convergence of the sample distribution function when parameters are estimated / J. Durbin // Ann. Statist. – 1973a. – P. 279-290.
3. Лифшиц М.А. Лекции по сильной аппроксимации / М.А. Лифшиц. – Учебно-методическое пособие. – СПб университет , 2007. – 32 с.

УДК 519.21

ПРОГНОЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Гатун А. П., канд. физ.-мат. наук, доцент

Шумакова И. Д., студент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

apgatun@yandex.ru

В деятельности плановых, аналитических, маркетинговых отделов производственных предприятий и объединений, торговых, страховых компаний, банков все шире используются статистические методы прогнозирования. Основным инструментом соответствующего математического аппарата является эконометрическая модель.

Они могут служить для целей прогнозирования лишь в том случае, когда соответствуют требованиям адекватности. На практике построение таких моделей сопряжено с рядом трудностей. Данная работа посвящена построению экономического прогноза себестоимости продукции, где в качестве данных взяты экономические показатели производства полистирола.

В работе рассматриваются теоритические аспекты построения множественной регрессии, проверки качества уравнения регрессии и его коэффициентов, предпосылок метода наименьших квадратов (МНК).

Проанализированы теоритические подходы к рассмотрению временных рядов, методов прогнозирования и критериев качества прогноза. На основе затрат на производство полистирола был сделан прогноз с помощью эконометрической модели себестоимости полистирола.

Экономические явления определяются большим числом одновременно и совокупно действующих факторов. В связи с этим часто возникает задача исследования зависимости одной зависимой переменной Y от нескольких объясняющих переменных $X_1, X_2, \dots, X_p$. Эта задача решается с помощью множественного регрессионного анализа.

Наиболее распространенной моделью множественной регрессии является линейная:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p. \quad (1)$$

Определение коэффициентов выборочного уравнения регрессии производится с помощью МНК:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p, \quad (2)$$

где

$$B = \begin{bmatrix} b_0 \\ \vdots \\ b_p \end{bmatrix} \text{ и } B = (X^T X)^{-1} X^T Y. \quad (3)$$

Для оценки силы линейной зависимости между двумя переменными X и Y используют коэффициент корреляции.

Общее качество уравнения регрессии проверяется с помощью коэффициента детерминации:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}, \quad (4)$$

где $e_i = y_i - \hat{y}_i$.

Важной проблемой эконометрического моделирования является спецификация модели. Традиционно в этом случае рассматривают два типа задач: выбор структуры уравнения модели и определение набора объясняющих переменных.

Модель может быть признана качественной, если полученные на ее основе прогнозы подтверждаются реальностью. Часто при анализе многих экономических показателей используют ежегодные, ежеквартальные или ежемесячные данные. В этом случае применяется теория динамических рядов. Основные этапы анализа динамического ряда: графическое представление, выделение тренда, сглаживание и фильтрация, проверка адекватности модели, построение прогноза.

Была построена эконометрическая модель себестоимости полистирола и сделан прогноз на 4 месяца.

Эконометрическое уравнение имеет вид:

$$\hat{y} = -24,94 + 0,003z_1 + 24,468z_3 + 80,408z_4 + 4,839z_7, \quad (5)$$

где $\hat{y}$ – себестоимость производства стирола;

z_1 – расходы на сырье;

z_3 – расходы на теплоэнергию;

z_4 – затраты на оплату труда;

z_7 – прочие операционные расходы.

Коэффициент детерминации $R^2=0,9884$, можно сделать вывод, что себестоимость продукции на 98,8% зависит от расходов на сырье, теплоэнергию, оплату труда и прочих операционных расходов.

По данной модели был сделан прогноз: точечный и методом экспоненциального сглаживания. Была рассчитана ошибка прогноза: для точечного прогноза $U_1=0,414$, для метода экспоненциального сглаживания $U_2=0,217$. Прогноз, построенный методом экспоненциального сглаживания, более точный, т.к. коэффициент Тейла $U \approx 0$, что свидетельствует о точности прогноза.

Список литературы

1. Бородич С. А. Эконометрика. – Беларусь: БГУ, 2000. – 354 с.
2. Доугерти К. Введение в эконометрику. – Москва: ИНФА – М, 1999. – 402 с.
3. Носко В. П. Эконометрика: введение в авторегрессионный анализ временных рядов. – Москва: КНОРУС, 2001. – 273 с.

УДК 519.21

СОВРЕМЕННЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Жмыхова Т.В.¹, канд. физ.-мат. наук, доцент,
Шурко И.Л.², канд. физ.-мат. наук, доцент,
Ратникова А.Н.², магистр

¹ГОУ ВПО “Донбасская национальная академия строительства
и архитектуры”, г. Макеевка, ДНР

²ГОУ ВПО “Донецкий национальный университет”, г. Донецк, ДНР
zhmykhovatanya@mail.ru, shurko.i.l@mail.ru, anka2022@bk.ru

Введение. Тенденция такова, что при проведении научных, технических, экономических исследований используются статистические методы, разработанные в начале 20-х годов [1]. Однако в ряде ситуаций предпосылки классических критериев не подтверждаются, и поэтому следует осуществлять переход от классических методов к современным, опирающимся на последние достижения научно-технического прогресса.

Актуальность заявленной тематики обусловлена необходимостью организовывать работу по критическому анализу практики статистической обработки данных и внедрению методов многомерного статистического анализа, планирования эксперимента, статистики объектов нечисловой природы.

Целью данной работы стала демонстрация применения статистических критериев, как развернутой цельной процедуры анализа данных для принятия решений об оптимальном режиме работы объекта.

Результат. В качестве примера решения конкретной прикладной задачи на основе анализа экспериментальных данных металлургического предприятия проведено статистическое моделирование стандартного и модифицированного процессов выплавки стали. В процессе исследования подтвердились факты из работы [1]. В частности, вместо двухвыборочного критерия Стьюдента был использован критерий Крамера-Уэлча, который позволил проверить однородность математических ожиданий выборок данных, полученных по стандартной технологии и после применения новой. Также, поскольку имелись пропущенные наблюдения, наряду с

методом заполнения пропусков безусловными средними применили бутстреп-метод (пропуски в исследуемой выборке заполняются данными вычислительного эксперимента).

Алгоритм построения эконометрических моделей был реализован посредством прикладного статистического пакета Stat Soft Statistica.

Приведены аргументы в пользу внедрения инноваций в процесс выплавки.

Практическое значение полученных результатов заключается в использовании статистических методов построения математических моделей для принятия управленческих решений относительно процессов выплавки стали, которые позволят планировать производство с целью уменьшения финансовых вложений, что не повлияет на качественные характеристики, но позволит избежать затрат на экспериментальную проверку в течение длительного срока.

В **заключении** отметим, что на основе анализа, проведенного в ходе моделирования технологического процесса, была показана целесообразность перехода от классических к современным статистическим методам.

Список литературы

1. Орлов А.И. Проверка статистической гипотезы однородности математических ожиданий двух независимых выборок: Критерий Крамера-Уэлча вместо критерия Стьюдента / А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №110(06). С. 647-675. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/06/pdf/13.pdf>. (Дата обращения: 26.04.2017).
2. Орлов А.И. О высоких статистических технологиях / А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №105(01). С. 14-8. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/02.pdf>. (Дата обращения: 17.05.2016).

УДК 519.21

ОЦЕНКА НЕИЗВЕСТНОГО ПАРАМЕТРА В СИСТЕМАХ СО СЛАБЫМ СИГНАЛОМ ПРИ ВНУТРЕННЕМ И ВНЕШНЕМ ДИФфуЗИОННОМ ЗАШУМЛЕНИИ: СУБЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЕ

Золотая А.В., канд. физ.-мат. наук,
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
aelita.z@mail.ru

Постановка задачи. В данной работе рассматривается следующая задача: наблюдается $\eta_{\theta_0}^{\varepsilon, T} = \{\eta_{\theta_0}^{\varepsilon}(t) : 0 \leq t \leq T\}$, где $\eta_{\theta_0}^{\varepsilon}(t)$ – траектория решения

стохастического дифференциального уравнения с малым параметром при коэффициенте сноса

$$d\eta_{\theta_0}^\varepsilon(t) = \varepsilon\alpha(\theta_0, \xi(t))dt + \beta(\xi(t))dW(t), \xi_{\theta_0}^\varepsilon(0) = \xi_0, \quad (1)$$

где $W(s)$ – стандартный винеровский процесс, $\xi(t), t \geq 0$ – стационарное решение однородного стохастического дифференциального уравнения

$$\xi(t) = \xi(0) + \int_0^t \alpha(\xi(s))ds + \int_0^t \beta(\xi(s))dW(s), \quad (2)$$

здесь $W(s)$ тот же самый стандартный винеровский процесс.

Относительно коэффициентов уравнения (2) будем предполагать выполнение условий

$$\begin{aligned} 0 < \lambda \leq \beta^2(x) \leq \lambda_+ < +\infty, |\alpha(x)| \leq C < +\infty, \\ \lim_{x \rightarrow +\infty} x^p \alpha(x) = -\chi_+, \\ \lim_{x \rightarrow -\infty} |x|^p \alpha(x) = \chi_-, 0 < \chi_- < +\infty, 0 < \chi_+ < +\infty, \\ \lim_{x \rightarrow +\infty} \beta^2(x) = \beta_+^2, \lim_{x \rightarrow -\infty} \beta^2(x) = \beta_-^2, 0 < p < 1 \end{aligned} \quad (3)$$

для всех $x, y \in R_1$.

Условия (3) достаточны (см. [1, 2]) для субэкспоненциального перемешивания решения $\eta(t)$. В случае выполнения условий (3) у процесса $\xi(t)$ существует (см. [4], параграф 18) эргодическое распределение $\pi(x)$ с плотностью

$$\rho(x) = \frac{1}{D\beta^2(x)} \exp \left\{ \int_0^x \frac{2\alpha(y)dy}{\beta^2(y)} \right\}. \quad (4)$$

В силу теоремы 1 из [1] для каждого достаточно малого $c_3 > 0$ существуют $c_0 > 0$, $c_4 > 0$ такие, что

$$\text{var}(P(x, t, dy) - \pi(dy)) \leq c_0 \exp \{c_3 |x|^{1-p} - c_4 t\}. \quad (5)$$

Будем предполагать, что распределение независимой случайной величины $\eta(0)$ совпадает с $\pi(x)$, т.е. процесс $\xi(t), t \geq 0$ – стационарный марковский процесс.

Далее $\varepsilon > 0$ – малый параметр, коэффициент сноса $\varphi(\theta_0, x)$ естественно интерпретировать как сигнал, θ_0 – неизвестный параметр, т.е. наблюдается «слабый» сигнал, «зашумлённый» как внутренне так и внешне диффузионным шумом. Будем предполагать, что неизвестный параметр $\theta_0 \in Q$, где Q – некоторое заданное параметрическое множество, являющееся компактом. Поставлена следующая задача: θ_0 надлежит оценить по $\xi_{\theta_0}^{\varepsilon, T/\varepsilon^2}$ – наблюдаемой на промежутке времени $[0, T/\varepsilon^2]$ траектории решения (1) и построить для него интервал накрытия:

$\theta_\varepsilon - \delta_\varepsilon < \theta_0 < \theta_\varepsilon + \delta_\varepsilon$, который накрывает неизвестный параметр θ_0 с вероятностью $1 - \gamma_\varepsilon$, где $\delta_\varepsilon \rightarrow 0, \gamma_\varepsilon \rightarrow 0$ при $\varepsilon \rightarrow 0$ должны быть выписаны в явном виде. Здесь θ_ε – некоторая построенная по $\xi_{\theta_0}^{\varepsilon, T}$ оценка неизвестного параметра.

Идея построения θ_ε -оценки неизвестного параметра θ_0 и построения интервала накрытия базируется на том, что при наложенных ниже условиях случайный процесс $\varepsilon \eta_{\theta_0}^\varepsilon(t/\varepsilon^2), 0 \leq t \leq T$, где $\eta_{\theta_0}^\varepsilon(t)$ – процесс из (1) «близок» в смысле метрики

$$\rho(X, Y) = \left(\sup_{0 \leq t \leq T} M |X(t) - Y(t)|^2 \right)^{1/2}$$

к процессу

$$d\bar{\eta}_{\theta_0}^\varepsilon(t) = \bar{\alpha}(\theta_0)dt + \bar{\beta}d\tilde{W}_\varepsilon(t), \eta_{\theta_0}^\varepsilon(0) = 0, \quad (6)$$

где $\bar{\alpha}(\theta_0), \bar{\beta}$ коэффициенты, определённым образом выражаются через $\alpha(\theta, t, x), \beta(t, x)$ – коэффициенты уравнения (1), $\tilde{W}_\varepsilon(t)$ – семейство стандартных винеровских процессов.

Основной результат.

Теорема 1. Пусть стационарный диффузионный процесс задан как решение уравнения (2), начальное распределение которого совпадает с инвариантным; выполняются условия (3). Пусть функция $\varphi(\theta, x)$ такая, что существует $\varphi''_{xx}(\theta, x)$ – непрерывная по переменной x ,

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \varphi(\theta, x) = \varphi_+(\theta), \lim_{x \rightarrow -\infty} \varphi(\theta, x) = \varphi_-(\theta), |\varphi(\theta, x)| \leq C_f < +\infty.$$

Тогда справедлива оценка

$$\sup_{0 \leq t \leq T} M \left| \varepsilon \eta_{\theta_0}^\varepsilon(t/\varepsilon^2) - \bar{\eta}_{\theta_0}^\varepsilon(t) \right|^2 \leq \sqrt{\varepsilon} A, \quad (7)$$

где

$$\begin{aligned} A &= 3C_2 + 3A_1(2) + 3\sqrt{B_1(2)}, \\ B_1(2) &= 4(D_U(2) + T\lambda_+ [c_1^2 + c_2^2 C_{2p}]), A_1(2) = 2[Tg_1\lambda_+ + C_1^2 D_U(2)], \\ D_U(2) &= \int_{-\infty}^{+\infty} \exp\{2c_3|x|^{1-p}\} \rho(x) dx, \end{aligned} \quad (8)$$

Теорема 2. Пусть выполняются условия теоремы 1 и к тому же для $\bar{\varphi}(\theta)$ справедливо неравенство

$$|\bar{\varphi}(\theta_1) - \bar{\varphi}(\theta_2)| \geq C|\theta_1 - \theta_2|^\delta, 0 \leq \delta \leq 1, C > 0, \theta_1 \in Q, \theta_2 \in Q,$$

тогда для достаточно малого $\varepsilon > 0$ будем иметь

$$P\left\{\sqrt{T}|\theta_\varepsilon^T - \theta_0| > R\right\} \leq 2 \exp\left\{-\frac{1}{8} \left[\frac{CR^\delta T^{(1-\delta)/2} - 2\gamma(\varepsilon)}{\sqrt{g_1}} \right]^2\right\} + \frac{\sqrt{\varepsilon} A}{\gamma^2(\varepsilon)} \quad (9)$$

где A определено в (8), $0 < 2\gamma(\varepsilon) < CR^\delta T^{(1-\delta)/2}$.

Следствие. Выбирая в (9)

$$\gamma(\varepsilon) \rightarrow 0, R = R(\varepsilon) \rightarrow +\infty, T = T(\varepsilon) \rightarrow +\infty, \frac{R(\varepsilon)}{\sqrt{T(\varepsilon)}} \rightarrow 0,$$

$$R(\varepsilon)^\delta T(\varepsilon)^{(1-\delta)/2} \rightarrow +\infty, \frac{\varepsilon}{\gamma^2(\varepsilon)} \rightarrow 0$$

при $\varepsilon \rightarrow 0$, тогда для достаточно малого $\varepsilon > 0$ для произвольных достаточно малых χ, γ будем иметь:

$$\frac{R(\varepsilon)}{\sqrt{T(\varepsilon)}} \leq \gamma, 2 \exp \left\{ -\frac{1}{8} \left[\frac{CR(\varepsilon)^\delta T(\varepsilon)^{(1-\delta)/2} - 2\gamma(\varepsilon)}{\sqrt{g_1}} \right]^2 \right\} + \frac{\sqrt{\varepsilon} A}{\gamma^2(\varepsilon)} \leq \chi.$$

Отсюда и из (9) следует: $P\left\{ \left| \theta_\varepsilon^{T(\varepsilon)} - \theta_0 \right| \leq \gamma \right\} \geq 1 - \chi$, то есть интервал накрытия построен.

Список литературы

1. Веретенников А.Ю., Клоков С.А. О субэкспоненциальной скорости перемешивания для марковских процессов // Теория вероятностей и её применения. – 2004. – Т. 49, вып. 1. – С. 21-35.
2. Pardoux E., Veretennikov A.Yu. On the Poisson equation and diffusion approximation // I. Ann. Probab. – 2001. – V. 29, № 3. – P. 1061-1085.
3. Бондарев Б.В., Сосницкий О.Е.. О скорости сближения решения дифференциального уравнения, возмущённого «физическим» белым шумом и решения соответствующего диффузионного уравнения. Субэкспоненциальное перемешивание // Прикладная статистика. Актуарна та фінансова математика. 2011. – № 1-2. – С. 122-140.
4. Гихман И.И., Скороход А.В. Стохастические дифференциальные уравнения. – Киев: Наукова Думка, 1968. – 354 с.
5. Бондарев Б.В. Оценка неизвестного параметра в системах со слабым сигналом при внутреннем и внешнем зашумлении / Ю.О. Курилина, Б.В. Бондарев // Вестник ДонНУ. – Сер. А: Естественные науки. – 2017. – № 3. – С. 3-11.

УДК 519.21

ОБ УСРЕДНЕНИИ В ПЕРВОЙ НАЧАЛЬНО-КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ПРИ БЫСТРЫХ ОСЦИЛЛЯЦИЯХ

Майорова С.А., аспирант,

Бондарев Б.В., д-р физ.-мат. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
svetlana_mayorova@mail.ua

В работах [1–7] найдены естественные ограничения на коэффициенты операторов, обеспечивающие приближение решений уравнений в частных производных с быстро осциллирующими по

пространственной переменной случайными коэффициентами к решениям соответствующих усредненных уравнений. В данной статье рассматривается задача, в которой коэффициенты неслучайных операторов – это быстро осциллирующие периодические функции, а внешнее воздействие – случайная функция, сложенная с быстро осциллирующим случайным воздействием.

Интерес к таким задачам связан с тем, что во многих областях современной техники широко применяются композитные материалы, имеющие периодическую структуру, а математические модели процессов, протекающих в таких материалах, как правило, описываются уравнениями с быстро осциллирующими случайными коэффициентами.

Целью настоящего является оценка скорости сближения решения исходного дифференциального уравнения второго порядка, находящегося под воздействием внешних быстро осциллирующих случайных помех, при случайных внутренних периодических быстрых осцилляциях с некоторым приближенным решением, имеющим более простую структуру.

Рассмотрим на $\theta_T = [0, T] \times [0, 1]$ первую начально-краевую задачу для параболического уравнения

$$\begin{aligned} S\left(\frac{x}{\varepsilon}\right) \frac{\partial U_\varepsilon}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial x} \left[K\left(\frac{x}{\varepsilon}\right) \frac{\partial U_\varepsilon}{\partial x} \right] &= f(t, x) + \frac{1}{\sqrt{\varepsilon}} \eta\left(t, \frac{x}{\varepsilon}\right), \\ U_\varepsilon(t, 0) &\equiv U_\varepsilon(t, 1) \equiv 0, \\ U_\varepsilon(t, x)|_{t=0} &= \varphi(x), \end{aligned} \quad (1)$$

где функции $S(x)$ – теплоемкость единицы объема, $K(x)$ – коэффициент теплопроводности – неслучайные 1-периодические функции.

$$\begin{aligned} 0 < s_0 \leq S(x) \leq s_1 < +\infty, \\ 0 < k_0 \leq K(x) \leq k_1 < +\infty. \end{aligned} \quad (2)$$

Предполагается, что существует $U_\varepsilon(t, x)$ – обобщенное решение задачи (1), принадлежащее [8] пространству $V_2(\theta_T)$.

Пусть

$$\bar{k} = \left(\int_0^1 \frac{dx}{K(x)} \right)^{-1}, \quad \bar{s} = \int_0^1 S(x) dx. \quad (3)$$

Наряду с задачей (1) рассмотрим также и первую начально-краевую задачу

$$\begin{aligned} \bar{s} \frac{\partial U_0}{\partial t} - \bar{k} \frac{\partial^2 U_0}{\partial x^2} &= f(t, x), \\ U_0(t, 0) &\equiv U_0(t, 1) \equiv 0, U_0(t, x)|_{t=0} = \varphi(x), \end{aligned} \quad (4)$$

где $\bar{k}, \bar{s}$ определены в (3).

Пусть $U_0(t, x)$ – решение усредненной задачи (4), приближенное решение задачи (1) находится в виде

$$U'_\varepsilon(t, x) = U_0(t, x) + \varepsilon N\left(\frac{x}{\varepsilon}\right) \frac{\partial U_0}{\partial x},$$

где $N(x)$ определяется формулой

$$N(x) = \int_0^x \left(\frac{\bar{k}}{K(y)} - 1 \right) dy.$$

Список литературы

1. Козлов С.М. Осреднение случайных структур // Докл. АН СССР. – 1978. – Т. 241, № 5. – С. 1016-1019.
2. Юринский В.В. О погрешности усреднения многомерной диффузии // Теория вероятностей и ее применения. – 1988. – Т. 33, вып. 1. – С. 14-24.
3. Жауров Ю. В. Флуктуации в схеме усреднения для параболических краевых задач // Теория случайн. процессов. – 1986. – Вып. 14. – С. 15-21.
4. Бондарев Б.В. Об усреднении в периодических средах при слабозависимых случайных взаимодействиях. I // Теория вероятностей и мат. статистика. – 1991. – № 45. – С. 12-20.
5. Бондарев Б.В. Про усереднення в періодичних середовищах при слабозалежних випадкових впливах. II // Теорія ймовірностей та математична статистика. – 1992. – Вип. 46. – С. 18-24.
6. Бахвалов Н.С. Усреднение процессов в периодических средах / Н.С. Бахвалов, Г.П. Панасенко. – М.: Наука, 1984. – 352 с.
7. Ладыженская О.А. Линейные и квазилинейные уравнения параболического типа / О.А. Ладыженская, В.А. Солонников, Н.Н. Уралцева. – М.: Наука, 1967. – 736 с.
8. Ладыженская О. А. Краевые задачи математической физики. – М.: Наука, 1973. – 407 с.

УДК 519.21

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПАКЕТАМИ АКЦИЙ: СЛУЧАЙ ИНВЕСТОРА СКЛОННОГО К РИСКУ

Щепетнёва А.В., аспирант

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г.Донецк

sasha27021993@yandex.ua

Проблема оптимизации портфеля в непрерывной диффузионной модели впервые была представлена Р. Мертоном в 1960-х годах. С тех пор было много разработок, нацеленных на обобщение задачи Мертона [1,2], приведенных различным путем. Это направление вызвало большой интерес среди исследователей портфельного анализа. Суть задачи в следующем: некий инвестор имеет возможность вложить имеющиеся у него средства положив долю $0 \leq 1-u \leq 1$ от имеющихся у него капитала на банковский счёт под процентную ставку $0 < r < +\infty$, образовавшийся остаток в виде доли $0 \leq u \leq 1$ от имеющихся средств отводит на покупку акций (целого числа либо части) одного вида. Предполагается, что $S(t), t \geq 0$ – эволюция цены акции описывается моделью П. Самуэльсона [3]

$$S(t) = S(0) \exp \left\{ \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma W(t) \right\},$$

где $0 < \mu < +\infty$ – локальная доходность, $0 < \sigma < +\infty$ так называемый коэффициент волатильности, $W(t), t \geq 0$ – стандартный винеровский процесс.

Предусматривается также, что инвестором осуществляется постоянное потребление капитала компании со скоростью $u_1(s, x)$ в момент времени $0 \leq s \leq T$, x – значение капитала компании в момент времени s .

Планируется, что этот инвестор принимает решения таким образом, чтобы максимизировать определенный функционал качества

$$V(t, x) = M \int_t^T e^{-\rho s} \left[u_1(s, X_x(s, u, u_1)) \right]^\gamma ds,$$

$$X_x(t, u, u_1) \equiv x > 0,$$

здесь x – начальный капитал инвестора, $X_x(s, u, u_1), t \leq s \leq T$ – эволюция капитала инвестора при конкретном заданном программном управлении $0 \leq u \leq 1$, $0 \leq t$ – начальный момент времени деятельности инвестора, то есть начало инвестирования, $0 \leq t < T < +\infty$ – конец времени инвестирования, $0 < \rho < +\infty$ – коэффициент непрерывного дисконтирования, $u_1(s, x)$ – скорость потребления в момент времени $0 \leq t \leq s < T < +\infty$. Смысл коэффициента $0 < \gamma < +\infty$ состоит в следующем: случай $0 < \gamma < 1$ характеризует поведение несклонного к риску инвестора; случай $\gamma = 1$ характерен для инвестора, безразличного к риску, и, наконец, случай $\gamma > 1$ характерный для инвестора склонного к риску. В данной работе будет рассмотрен случай $\gamma > 1$, то есть случай инвестора склонного к риску. Поставлена следующая задача: найти скорость потребления $u_1(t, x)$ и программное управление $0 \leq u \leq 1$, то есть $1 - u$ – постоянную долю вложения в безрисковый актив такую (остаток средств тратится на покупку $1 \leq m$ пакетов акций, i -ий пакет состоит из b_i акций i -того вида), чтобы обеспечить максимум среднего дисконтированного потребления. В данной работе будем рассматривать изменённую модель П.Самуэльсона, разработанную для описании эволюции цены суммы пакетов из b_i акций вида $i, 1 \leq i \leq m$ из b_i штук, общее представление которой:

$$S(t, \vec{b}, \vec{\mu}, \vec{\sigma}, \vec{\sigma}^2) = S(0, \vec{b}, \vec{\mu}, \vec{\sigma}, \vec{\sigma}^2) \exp \left\{ \left\{ \left(\vec{\mu}, \vec{b} \right) - \frac{1}{2} \left(\vec{b}, \vec{\sigma}^2 \right) \right\} t + \left(\vec{\sigma}, \vec{W}(t, \vec{b}) \right) \right\}, \quad (1)$$

где $W_i(t, b_i), 1 \leq i \leq m$ – значение i -го винеровского поля [4]

$$(t, b_i), \vec{b} = (b_1, b_2, \dots, b_m), \vec{\sigma} = (\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_m), \vec{\sigma}^2 = (\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_m^2),$$

$$\vec{W}(t, \vec{b}) = (W_1(t, b_1), W_2(t, b_2), \dots, W_m(t, b_m)).$$

В работе [4] доказано, что модель (1) обладает свойством безарбитражности. В [4] введён дифференциал Ито, установлена формула Ито и выписано уравнение эволюции капитала инвестора.

Получен следующий результат. Пусть эволюция цены акции описывается процессом (1). Если $\frac{(\bar{\mu}, \bar{b}) - r}{(\bar{b}, \bar{\sigma}^2)(1 - \gamma)} < 1$, то изначально на весь капитал закупаем акции и осуществляем потребление с максимальной интенсивностью; если $\frac{(\bar{\mu}, \bar{b}) - r}{(\bar{b}, \bar{\sigma}^2)(1 - \gamma)} \geq 1$, то на весь капитал закупаются акции, но

- 1) на промежутке $[t, t_1]$: интенсивность потребления нулевая;
- 2) на промежутке $[t_1, T]$: интенсивность максимальная.

Список литературы

1. Merton R.K. Consumption and Investment with Bankruptcy. / R.K. Merton // Industrial Management Review. – 1965. – V.6. – P. 41-49.
2. Merton R.K. Optimus consumption and portfolio rules in a continuous – time model. / R.K. Merton // Journal of Economics Theory. – 1971. – V.3. – P.373-413.
3. Samuelson P.A. Proof that properly anticipated prices fluctuate randomly / P.A. Samuelson // Industrial Management Review. – 1965. – V. 6. – P. 41-49.
4. Бондарев Б.В., Щепетнёва А.В. Оптимальное управление пакетами акций. Случай инвестора не склонного к риску./ Б.В.Бондарев, А.В. Щепетнёва // Вестник Донецк.нац. ун-та. Сер. А. Естественные науки . – 2017. – № 2. – С.3–11
5. Yamada T, On the uniqueness of solutions stoachastic differential equations I / Yamada T, Watanabe S. // J. Math. Kyoto Univ. – 1971. – № 11. – P. 155–167.
6. Yamada T, On the uniqueness of solutions stoachastic differential equations I / Yamada T, Watanabe S. // J. Math. Kyoto Univ. – 1971. – № 11. – P. 553–563.

СОДЕРЖАНИЕ

Физика неравновесных процессов, метрология и экология

<i>Асланов П.В., Фоменко С.А., Фоменко А.С.</i> Применение гидродинамически-активных композиций в гидроструйных машинах для повышения экологической безопасности промышленных производств	5
<i>Бабанин А.Я., Белов Б.Ф., Белоусов В.В.</i> Повышение качества конструкционных трубных сталей для магистральных газо-нефтепроводов	8
<i>Баздырева Ю.А., Белоусов В.В., Березина Е.А. Прохоренко С.Ф.</i> Математическое моделирование формирования переохлажденного слитка $Fe_{80}Ba_{20}$	11
<i>Белоусов В.В., Бодряга В.В., Бондаренко В.И., Недопекин Ф.В., Несова А.В.</i> Разработка интерфейса при моделировании процессов переноса в агрегате ковш-печь	14
<i>Бодня А.С., Болонов Н.И., Быковская Н.В.</i> Моделирование тепловых выбросов от линейных источников	17
<i>Бодряга В.В., Белоусов В.В., Недопекин Ф.В.</i> Математическое моделирование тепловой конвекции на аэродинамику выбросов бурого дыма	20
<i>Казак А.И., Шерстюк Ю.В.</i> Оптимизация пороховой гидропушки для тушения пожаров газовых факелов	22
<i>Кожяев А.А.</i> К вопросу осушения и увлажнения воздуха на предприятиях различных отраслей промышленности	25
<i>Коломенская В.В.</i> Расчет параметров течения при электрическом разряде в нефти	29
<i>Мироненко Ю.И., Головчан А.В.</i> Моделирование процессов микроволновой сушки	31
<i>Перебейнос В.В., Саакян О.Н., Романчук Н.В.</i> Разработка флуориметра для исследования кривой индукции флуоресценции хлорофилла	35
<i>Пометун Е.Д., Болонов Н.И., Лебедев В.Н., Крюкова В.И., Кириллова Л.М., Гелашивили П.С.</i> Измерение средней скорости турбулентных газовых потоков с помощью термоанемометра постоянной температуры	37
<i>Романчук С.М., Готин Б.А., Подгайнов С.В.</i> Разработка двухосевого электромагнитного измерителя скорости течения воды	40
<i>Силенко Е.М., Силенко С.Е., Готин Б.А., Пригода Н.А., Силенко В.Е.</i> Измерители поля скорости для гидрологического обследования водных объектов	42
<i>Симоненко А.П., Асланов П.В., Гучмазова Т.К.</i> Применение гидродинамически-активных добавок для повышения эффективности работы шахтных установок кондиционирования воздуха	45
<i>Симоненко А.П., Недопекин Ф.В., Артемова И.А.</i> Перспективы применения водорастворимых полимерных композиций для решения экологических проблем объектов строительства и городского хозяйства	48
<i>Толстых В.К., Бодряга В.Е.</i> Математическое моделирование теплофизических процессов непрерывной разливки металла	51
<i>Толстых А.С., Гатицкий Д.В.</i> Снижение выбросов NO_x в отходящих газах методических печей	53
<i>Финошин Н.В., Попова А.Е., Заключение Е.Ю.</i> Экспериментальные исследования профилей скорости в трубах с периодически изменяющимся поперечным сечением (ТПИПС)	56
<i>Химченко Д.Г., Лучина А.Ю., Головчан А.В.</i> Применение программного пакета Comsol Multiphysics для моделирования вихревой дорожки Кармана	59

Теоретическая физика и нанотехнологии

<i>Барбашов В.И., Чайка Э.В.</i> Особенности ионной проводимости ромбоэдрической фазы керамики ScSZr	62
<i>Бондарь Е.Д., Сирюк Ю.А., Безус А.В.</i> Спонтанные фазовые переходы в жесткой доменной структуре магнитной пленки	65
<i>Беличко Д.Р., Константинова Т.Е., Милославский А.Г., Малецкий А.В.</i> Влияние оксида алюминия на состояние границ зёрен керамики на основе диоксида циркония.....	68
<i>Бутько В.Г., Гусев А.А.</i> Запрещенная щель в хиральных нанотрубках	70
<i>Галинский М.К., Румянцев В.В.</i> Управление групповой скоростью лазерного пучка в оптически линейной и изотропной среде.....	73
<i>Запорожец В.Д., Вальков В.И., Грибанов И.Ф.</i> Пути оптимизации функциональных характеристик магнитокалорических сплавов системы $Mn_{1-x}Cr_xNiGe$	76
<i>Кладько Д.В., Легенький Ю.А.</i> Влияние магнитного поля на дегидратацию капли коллоида магнитных наночастиц.....	79
<i>Константинова Т.Е.</i> Нанотехнологии в ДонФТИ: оксидные нанопорошки и керамика для медицины.....	81
<i>Корнеевец А.С., Эфрос Н.Б., Николаенко Ю.М.</i> Особенности методов контроля толщины тонких эпитаксиальных LSMO пленок	84
<i>Метлов Л.С., Чистик Я.О.</i> Особенности фазовых переходов в нестехиометрических сплавах	86
<i>Михайлов В.И.</i> Магнитные свойства твердых растворов $(1-x)BiFeO_3 - xY MnO_3$	88
<i>Паладян Ю.А., Гуров Д.А., Румянцев В.В.</i> Дисперсия электромагнитных возбуждений в неидеальной решетке микропор	91
<i>Петренко А.Г., Шемченко Е.И.</i> Наноструктурные плёнки нитрида углерода, легированные оксидом европия	94
<i>Пилипенко Е.А., Троицкая Е.П., Горбенко Е.Е.</i> Неэмпирические уравнения состояния тяжелых кристаллов инертных газов	97
<i>Пойманов В.Д.</i> Гигантские магнитооптические эффекты в многоподрешеточных антиферродиэлектриках.....	100
<i>Поляков П.И., Федюк Д.О.</i> Закон объемной упругости в деформационно-энергетических процессах влияния параметров на свойства и фазовые переходы в твердом теле	101
<i>Прилипко С.Ю., Кудрявцев Ю.А., Головань Г.Н., Беличко Д.Р., Брюханова И.И., Волкова Г.К., Глазунова В.А., Лоладзе Л.В., Герасименко В.М.</i> Использование холодного изостатического прессования для получения композитной наноструктуры $SiC-Al_2O_3$	104
<i>Прокофьева О.В., Варюхин В.Н.</i> Формирование архитектурных металлических материалов методом винтовой экструзии	106
<i>Рыбалка А.Е., Лукьянов Н.А., Румянцев В.В.</i> Зависимость ширины запрещенной фотонной зоны неидеальной 2D решетки микропор от концентрации дефектов ее структуры	109
<i>Самойленко З.А., Ивахненко Н.Н., Пушенко Е.И., Ткаченко В.М., Варюхин В.Н.</i> Структурные изменения в малоуглеродистой проволоке под действием интенсивного волочения.....	112

Сухорукова О.С., Юрченко В.М. Аномалии спин-волновой электродинамики границы раздела магнитной и немагнитной сред индуцированные внешним электрическим полем.....	115
Тарасенко Т.Н., Линник А.И., Вальков В.И., Бурховецкий В.В., Кравченко З.Ф., Каменев В.И., Мазур А.С. Влияние слабого легирования висмутом на микроструктуру и магнитное состояние твердых растворов системы $\text{Bi}_x\text{La}_{1-x}\text{MnO}_3$	118
Терехов С.В., Бадекин М.Ю. Перспектива создания гибридного (архитектурного) материала на основе быстроохлажденных сплавов алюминия	121
Ткаченко В.М., Волкова Г.К., Сенникова Л.Ф. Напряженно-деформированное состояние меди М06 после разных схем равноканального углового прессования	124
Токий В.В., Токий Н.В. Поле упругих деформаций анионной вакансии в нанопорошке диоксида циркония.....	127
Токий В.В., Токий Н.В., Носолев И.К. Влияние размера кристаллита на энергию образования пары межузельного дефекта и вакансии в наноматериалах	130
Хачатурова Т.А., Рассолов С.Г. Барьерные характеристики туннельных переходов....	133
Шелест В.В., Христов А.В. Роль ангармонизма в устойчивости состояния равновесной системы конденсированной среды с точки зрения термодинамики.....	135
Шелест В.В., Червинский Д.А. Внешние дифференциальные формы в термодинамике	137
Эфрос Н.Б., Корнеевец А.С., Николаенко Ю.М. Управление неоднородным состоянием в эпитаксиальных пленках $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_{3-\delta}$	140

Радиофизика и инфокоммуникационные технологии

Бабичева М.В., Бааджи А.В. Методы защиты баз данных	143
Белик Т.В., Данилов В.В. Формирователь радиоимпульсов	144
Гмыря В.А., Данилов В.В. Оптические информационные технологии. Коэффициент передачи пространства	147
Костенков В.С., Бабичева М.В. Переход от BIOS к UEFI, с точки зрения информационной безопасности	151
Малашенко В.В., Малашенко Т.И., Ачкасов А.Н. Скольжение дислокаций в состаренных сплавах под действием лазерных импульсов высокой мощности ...	153
Перепелкин И.Н., Дунаев Р.А. Метод пеленгования моноимпульсных сигналов.....	156
Рушечников Я.И. Анализ возможностей повышения производительности аналого-цифрового преобразования в современных микроконтроллерных системах....	158
Ступак В.А., Тимченко В.И. Широкополосный усилитель.....	160
Третьяков И.А. Алгоритмы прогнозного и формального типов экстраполяции участков экспериментальных кривых.....	162
Шалаев А.В. Использование нейронных сетей в автоматизированных системах распределения.....	165
Шелехова О.Г. Моделирование надежности асинхронных двигателей при несимметрии питающего напряжения	166

Общая физика и дидактика физики

Ивина О.А., Романова В.В. Современные информационные технологии в организации дистанционного обучения	169

<i>Ивина О.А., Романова В.В.</i> Средства мультимедиа в образовательном процессе ВУЗа.....	172
<i>Комарницкая Е.В., Бедин Е.В.</i> Повышение конкурентоспособности высших учебных заведений	174
<i>Корнеева М.А., Головчан А.В.</i> Язык Scratch для обучения учеников физике в школе	178
<i>Лепеха С.Н.</i> Внедрение инновационных образовательных технологий в профессиональную подготовку будущих специалистов	180
<i>Малюк Н.Г.</i> Исследование мотивации школьников к изучению физики	183
<i>Романова В.В., Ивина О.А.</i> Обзор пакетов обработки статистических данных, применяемых при подготовке студентов	186
<i>Романова В.В., Ивина О.А., Юдина Ю.Г.</i> Преимущества и недостатки использования методов тестирования для контроля знаний студентов	188
<i>Чебанова В.А., Бондарь Е.Д., Безус А.В.</i> Использование учебной анимации на уроке физики в процессе изложения нового материала	191
<i>Юдина В.С., Пустынникова И.Н.</i> Повышение познавательного интереса школьников к «Физике спорта» с помощью комиксов	194

Компьютерные технологии

<i>Алябьев Б.В., Шарий Т.В.</i> Информационная система интеллектуального анализа мирового рынка фриланса	197
<i>Бодряга В.В.</i> Использование информационной системы для организации и учета студентов в общежитии	199
<i>Бондаренко В.И.</i> Применение шаблона Model-View-Controller в проектировании прикладного программного обеспечения для металлургического производства	201
<i>Бондаренко В.И., Толстых М.А.</i> Автоматизация учета внеучебной деятельности учащихся.....	203
<i>Воробьев С.А., Решетняк Т.А., Кутепов Д.В., Ребенок Е.В., Винниченко Е.М.</i> Проблемы создания электронного плана горных работ	205
<i>Глухов А.А., Трофимов В.В., Кутепов Д.В., Ребенок Е.В., Решетняк Т.А.</i> Программное обеспечение для построения геолого-геофизических моделей углепородного массива	208
<i>Дёмин М.В.</i> Использование компьютерных технологий в инженерной практике при проектировании холодильной техники	211
<i>Ермоленко Т.В., Тихончук А.П.</i> Использование энтропии для определения границ речи	214
<i>Зайка Д.Д., Ломонос Г.Т.</i> Программно-аппаратный комплекс «Игра футбол» для оценки функциональных состояний учащихся	216
<i>Конончук Э.В., Котенко В.Н.</i> Метод повышения эффективности заполнения журнала учета работы преподавателя по данным индивидуального плана	218
<i>Котенко В.Н.</i> Метод повышения эффективности формирования и заполнения адресных бланков счетов-извещений и счетов-квитанций на оплату жилья и коммунальных услуг на основе применения современных информационных технологий.....	221

<i>Котенко В.Н.</i> Метод повышения эффективности учета научной деятельности кафедры высшего учебного заведения	224
<i>Котенко Ю.В., Данюк С.А.</i> Метод уменьшения материальных затрат на реализацию серверной части сетевого приложения для городской прокуратуры	227
<i>Красовский А.А., Котенко Ю.В.</i> Метод повышения эффективности заполнения индивидуального плана преподавателя по данным документов учебной нагрузки кафедры	230
<i>Ломонос Г.Т.</i> Метод программного управления направленным движением проходческого комбайна	233
<i>Мартыненко А.М., Логвинова С.В.</i> Использование платформы telegram messenger в задаче автоматизации оформления заказа продукции	235
<i>Нестругина Е.С.</i> Информационная технология контроля текущего состояния опорно-двигательной системы человека	237
<i>Пикалёв Я.С.</i> Разработка синтаксического анализатора русского языка на основе глубоких нейронных сетей	240
<i>Пикалёв Я.С., Вовнянко А.С.</i> О системах проверки правописания русского языка	243
<i>Пишеничный К.А., Толстых В.К.</i> Численное моделирование одномерных нестационарных процессов теплопереноса в противоточных средах	247
<i>Черкашин Е.И., Шарий Т.В.</i> Применение спектра модуляции речевого сигнала для распознавания голосовых команд	250

Механика твердого тела

<i>Айдагулов Р.Р.</i> Оператор обмена в механике	252
<i>Горр Г.В.</i> О трех инвариантных соотношениях уравнений движения тела в потенциальном поле сил	255
<i>Зыза А.В.</i> О полиномиальном решении с квадратичными инвариантными соотношениями задачи о движении гиростата в магнитном поле с учетом эффекта Барнетта-Лондона	257
<i>Ковалев А.М., Неспирный В.Н.</i> Применение метода дополнительных функций к построению конструктивной теории устойчивости	258
<i>Ковалев А.М., Судаков С.Н.</i> Задача трех тел и определение направлений на Луну и Солнце в заданной точке поверхности Земли	263
<i>Коносевиц Б.И., Коносевиц Ю.Б., Мозалевская Г.В.</i> Условие устойчивости стационарных решений уравнений многоугольной модели синхронного гироскопа в кардановом подвесе	264
<i>Мазнев А.В., Белоконь Т.В.</i> Три инвариантных соотношения уравнений Д. Гриоли	267
<i>Платонова Е.С.</i> Исследование условий существования полиномиальных решений уравнений задачи о движении гиростата в магнитном поле с учетом эффекта Барнетта-Лондона	269
<i>Ткаченко Д.Н.</i> Комплексный подход в истолковании движения тела в решении Д.Н. Горячева – С.А. Чаплыгина	270
<i>Щепин Н.Н.</i> Исследование равновесия систем связанных твердых тел с учетом растяжения	272

Механика деформируемых сред

<i>Авраменко Л.Е., Гольцев А.С.</i> Исследование усилий в ортотропных оболочках, находящихся под действием движущегося источника тепла	274
<i>Авраменко Л.Е.</i> Исследование температурного поля ортотропной оболочки, находящейся под действием движущегося источника тепла	276
<i>Болнокин В.Е., Глухов А.А., Сторожев В.И.</i> Качественный анализ структуры дисперсионных спектров волн деформаций для двухслойных анизотропных пластов в толще геомассива	278
<i>Бондаренко Н.С.</i> Исследование поведения обобщённых перемещений на базе теории $\{m,n\}$ -аппроксимации	281
<i>Гольцев А.С.</i> Анализ точности вычислений специальной G-функции	283
<i>Занько А.И.</i> Периодическая и двоякопериодическая задачи для анизотропной плиты с эллиптическими отверстиями или трещинами	284
<i>Калоеров С.А., Авдюшина Е.В.</i> Напряжённое состояние анизотропного кольца с трещинами или разрезами	287
<i>Калоеров С.А., Занько А.И.</i> Изгиб плиты с криволинейными отверстиями	290
<i>Калоеров С.А., Глушанков Е.С.</i> Действие линейного потока тепла в многосвязной пьезопластинке, находящейся в условиях конвективного теплообмена	293
<i>Митрушкин Е.И., Номбре С.Б., Сторожев С.В.</i> Анализ модели нечеткого оценивания резонансных частот осесимметричных упругих колебаний полых трансверсально-изотропных цилиндров	296
<i>Моисеенко И.А., Моисеенко В.А., Прийменко С.А.</i> Распространение нормальных волн в радиально неоднородном круговом биклинном составном цилиндре из двух трансверсально-изотропных материалов	299
<i>Нагорная Р.М., Цванг В.А.</i> Исследования напряжённого состояния тонких сферических оболочек при действии сосредоточенных динамических нагрузок	302
<i>Нескородев Р.Н.</i> Об одном варианте решения задач уточненной теории изгиба ортотропных плит	303
<i>Прийменко С.А., Номбре С.Б., Сторожев С.В.</i> Нечеткие оценки в модели напряженно-деформированного состояния изгибаемых тонких плит эллиптического очертания	306
<i>Сидаш О.Ю., Сторожев В.И.</i> Нелинейные ангармонические эффекты при распространении упругих волн в трансверсально-изотропных цилиндрах со скользящей заделкой граничной поверхности	309

Информационные системы управления

<i>Андриенко В.Н.</i> Механизм управления инвестиционной привлекательностью экономического объекта	312
<i>Андриенко В.Н., Боровец И.Е.</i> Информационные технологии в таможенном деле	314
<i>Андриенко В.Н., Величанский В.А.</i> Механизм построения информационно-коммерческого портала предприятия	317
<i>Балдынюк А.И.</i> Реинжиниринг бизнес-процессов инновационно-активного предприятия	320
<i>Бовт Д.А.</i> Особенности проектирования информационной системы управления мобильным центром занятости	323

<i>Гайдарь Е.В.</i> Информационное обеспечение управленческого аудита на предприятии	325
<i>Коробейникова К.В.</i> Использование CRM-систем в архивных учреждениях	328
<i>Крулькевич М.И.</i> Метод опережающего контроля в управлении организацией ...	330
<i>Курдюмова И.А.</i> Контент-анализ как метод изучения архивных документов	332
<i>Мащенко Н.Е.</i> Совершенствование отраслевой системы документации в сфере высшего профессионального образования путем информатизации	334
<i>Митрохина Е. А.</i> Выбор эффективной стратегии развития инфобизнеса	337
<i>Пономаренко Н.Ш.</i> Особенности преобразования потенциала вуза в условиях формирования инновационно-ориентированной экономики	340

Математический анализ и дифференциальные уравнения

<i>Волчков В.В., Волчков Вит.В.</i> Теоремы типа Мореры на группе Гейзенберга	343
<i>Грановский Я.И.</i> Крейнское расширение дифференциального оператора чётного порядка	344
<i>Дегтярев С.П.</i> Явление мгновенной компактификации в случаях медленной и быстрой диффузии с абсорбцией для параболического уравнения с двойной нелинейностью	347
<i>Заставный В.П.</i> Положительно определённые функции и точные неравенства	348
<i>Клово А.Г.</i> Некоторые свойства обобщенных тригонометрических систем	349
<i>Кожухов И.Б., Колесникова К.А.</i> О хопфовости полигонов над группами	351
<i>Лиманский Д.В.</i> Априорные оценки для минимальных дифференциальных операторов в $C(\mathbb{R}^n)$	353
<i>Манов А.Д.</i> О единственности продолжения одной функции до положительно определённой	354
<i>Машаров П.А.</i> О функциях с нулевыми интегралами по отрезкам	355
<i>Павлов А.Л.</i> Описание нулевых решений общей краевой задачи в полупространстве для дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами	357

Прикладная математика, прикладная информатика и теория систем управления

<i>Авдюшина Е.В., Пачева М.Н., Носов А.А.</i> Анализ эффективности использования хеш-таблиц в сетевых приложениях	360
<i>Авдюшина Е.В., Прийменко С.А., Пачева М.Н., Пикалова А.И.</i> Разработка мобильного приложения для моделирования геодезических процессов	363
<i>Ашихмина Н.Э., Рыбалко Л.А.</i> Комбинированный алгоритм защиты данных на базе аффинных шифров k -го порядка и асимметричных криптосистем	366
<i>Блохин С.В., Месропян А.Г.</i> О спектральном анализе реальных сигналов	368
<i>Вьюков Н.А., Шевцов Д.В.</i> Распознавание примитивов на изображении	371
<i>Григоренко В.А., Шевцова Е.В.</i> Обзор методологических основ автоматизации преобразования сканированных чертежей	372
<i>Житняя В.Г.</i> Методические указания к лабораторной работе интервальные нечеткие множества	374

<i>Киселёв Ф.В., Шевцова Е.В.</i> Разработка системы автоматизации обработки технической документации, содержащей данные в таблицах	377
<i>Лопатов В.А., Дмитренко Н.А.</i> Разработка интерактивной обучающей подсистемы по теме «Параллельность прямых и плоскостей в пространстве»	379
<i>Максимова А.Ю.</i> Формирование обучающих примеров для класса «все остальные» в задаче идентификационной экспертизы	381
<i>Никифоров В.А., Блохин С.В.</i> Разработка интерактивной обучающей подсистемы по теме: «Преобразование алгебраических выражений»	383
<i>Плешикова О.А., Шевцов Д.В.</i> Перспективные направления развития интеллектуальных транспортных систем	385
<i>Суровцев Д.И., Дмитренко Н.А.</i> Разработка интерактивной обучающей подсистемы по теме «Рациональные и иррациональные уравнения и системы уравнений»	388
<i>Тарасова И.А.</i> Разработка подходов к заданию многомерных функций принадлежности термов лингвистических переменных	391
<i>Утепбергенова А.Т., Алламбергенова М.</i> Развитие информационного общества в Узбекистане	394
<i>Федорченко П.А., Рыбалко Л.А.</i> Разработка интерактивной обучающей подсистемы по теме «Объемы и площади поверхностей геометрических тел»	396
<i>Шкодина Л.Н., Любина А.Б., Присяжнюк Е.В.</i> Создание электронно-цифровой подписи на основе построенной хэш-функции с использованием композиции двух шифров	398

Теория вероятностей и математическая статистика

<i>Бондарев Б.В., Пола А.В.</i> Об одном результате Дж. Дурбина	400
<i>Гатун А.П., Шумакова И.Д.</i> Прогноз экономических процессов с помощью эконометрических моделей	403
<i>Жмыхова Т.В., Шурко И.Л., Ратникова А.Н.</i> Современные статистические информационные технологии в прикладных исследованиях	405
<i>Золотая А.В.</i> Оценка неизвестного параметра в системах со слабым сигналом при внутреннем и внешнем диффузионном зашумлении: субэкспоненциальное перемешивание	406
<i>Майорова С.А., Бондарев Б.В.</i> Об усреднении в первой начально-краевой задаче для параболического уравнения при быстрых осцилляциях	409
<i>Щепетнёва А.В.</i> Оптимальное управление пакетами акций: случай инвестора склонного к риску	411

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ДОНЕЦКИЕ ЧТЕНИЯ 2018:
ОБРАЗОВАНИЕ, НАУКА, ИННОВАЦИИ,
КУЛЬТУРА И ВЫЗОВЫ СОВРЕМЕННОСТИ**

Материалы
III Международной научной конференции
25 октября 2018 г.,
г. Донецк

ТОМ 1
Физико-математические и технические науки

под общей редакцией *С.В. Беспаловой*

Ответственный за выпуск *В.И. Сторожев*

Дизайн обложки	<i>Е.Г. Грудева</i>
Технический редактор	<i>М.В. Фоменко</i>
Компьютерная верстка	<i>В.Г. Медведева, М.В. Фоменко</i>

Адрес оргкомитета:

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»,
ул. Университетская, 24, г. Донецк, 28301
e-mail: *donnu.science@mail.ru*

Подписано в печать 08.10.2018 г.
Формат 60×84/16. Бумага офисная.
Печать – цифровая. Усл.-печ. л. 24,61.
Тираж 300 экз. Заказ № 18окт110/1.
Донецкий национальный университет
28301, г. Донецк, ул. Университетская, 24.
Свидетельство о внесении субъекта
издательской деятельности в Государственный реестр
серия ДК № 1854 от 24.06.2004 г.