

Министерство образования и науки Донецкой Народной Республики
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Фонд «Русский мир»



МАТЕРИАЛЫ
Международной
научной конференции
студентов и молодых ученых

Донецкие чтения 2017:

Русский мир как
цивилизационная основа
научно-образовательного
и культурного развития
Донбасса

Том 1

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



г. Донецк
17–20 октября 2017 г.



*Дорогие наши коллеги,
молодые ученые, студенты!*



Сборник материалов Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Донецкие чтения: 2017», который Вы держите в руках, является частью семитомного издания, состоящего из 11 книг. Труды конференции, охватывающие разнообразные научные направления, имеют особую значимость, они посвящены 80-летию юбилею нашего университета, который мы отмечаем в нынешнем году.

В этом юбилейном издании отчетливо видна связь поколений, результат напряженного и самоотверженного труда научных руководителей, прививающих молодежи интерес к научным исследованиям.

Молодежный форум проходит под девизом: «Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса». 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 вами, молодое поколение исследователей и читателей. Мы уверены, что многие из Вас сделают начатое главным делом своей жизни.

Ректор,
доктор
физико-математических наук,
профессор

С.В. Беспалова

Министерство образования и науки
Донецкой Народной Республики
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
Фонд «Русский мир»

**Международная
научная конференция
студентов и молодых
ученых**

Посвящена 80-летию ДонНУ

Материалы
конференции

Том 1

**ФИЗИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ
НАУКИ**

Донецкие чтения

2017:

**Русский мир как
цивилизационная
основа научно-
образовательного
и культурного
развития Донбасса**

г. Донецк
17–20 октября 2017 г.

Донецк
Издательство Донецкого национального университета
2017

ББК Б.я431+397я431
УДК 51+53+004
Д672

Редакционная коллегия:

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

Д672 Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса: Материалы Международной научной конференции студентов и молодых ученых (Донецк, 17-20 октября 2017 г.). – *Том 1: Физико-математические и технические науки* / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2017. – 254 с.

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

В первый том материалов конференции вошли тезисы докладов участников Международной научной конференции студентов и молодых ученых "Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса" по проблемам физико-математических и технических наук в контексте Русского мира, в том числе механика твердого тела и деформируемых сред, информационные и компьютерные технологии и системы управления, математический анализ и дифференциальные уравнения, прикладная математика, теория вероятностей и математическая статистика, физика неравновесных процессов, метрология и экология, общая физика и дидактика физики, теоретическая физика и нанотехнологии, радиофизика и инфокоммуникационные технологии.

Освещенные в сборнике проблемы и направления их решения будут полезны для студентов, аспирантов, докторантов, соискателей и молодых ученых, проводящих исследования в области физико-математических и технических наук.

ББК Б.я431+397я431
УДК 51+53+004

© Коллектив авторов, 2017

© Донецкий национальный университет, 2017

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 Ассоциации юридических вузов (г. Москва)

Члены программного комитета:

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

Данилов В.В. д-р техн. наук, профессор, проректор по научной и инновационной деятельности ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» (г. Донецк)

Керимов А.Д. д-р юрид. наук, профессор, профессор кафедры конституционного права Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (г. Москва)

Кравцов С.М. д-р филол. наук, профессор, зав. кафедрой романской филологии Южного федерального университета (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

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

Коледов В.В. д-р физ.-мат. наук, профессор Института Радиоэлектроники им. Котельникова РАН, лаборатория магнитных явлений в микроэлектронике (г. Москва)

Лысенко Т.М. д-р биол. наук, старший научный сотрудник Института экологии Волжского бассейна РАН, (г. Тольятти)

Илюхин А.А. профессор кафедры математики Таганрогского института им. А.П. Чехова Ростовского государственного экономического университета, доктор физико-математических наук, профессор (г. Таганрог)

Половян А.В. д-р экон. наук, доцент, директор ГУ «Институт экономических исследований» (г. Донецк)

Приходько С.А. канд. биол. наук, ст. н. с., директор Донецкого ботанического сада (г. Донецк)

- Репецкая А.И.* канд. биол. наук, директор Ботанического сада имени Н.В. Багрова Таврической академии ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» (г. Симферополь)
- Ризниченко Г.Ю.* д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. сектором информатики и биофизики сложных систем кафедры биофизики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (г. Москва)
- Савоськин М.В.* канд. хим. наук., ст. н. с., директор ГУ «Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко» (г. Донецк)
- Семищенко Ю. А.* д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры биологии Брянского государственного университета, учёный секретарь Брянского отделения Русского ботанического общества (г. Брянск)

УДК 531.38; 531.39

СВОЙСТВА РАВНОМЕРНЫХ ВРАЩЕНИЙ ГИРОСТАТА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ И ГИРОСКОПИЧЕСКИХ СИЛ

Балаклицкая Т.В.,

Горр Г.В., д-р физ.-мат. наук, профессор

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

barilka@ukr.net

Равномерные вращения твердых тел являются рабочими режимами многих объектов современной техники. Поэтому актуальной является задача об исследовании условий существования таких движений для модельных систем связанных твердых тел (например, гиростата).

В докладе рассмотрены дифференциальные уравнения движения гиростата под действием потенциальных и гироскопических сил [1]

$$A\dot{\bar{\omega}} = (A\bar{\omega} + \bar{\lambda}) \times \bar{\omega} + \bar{\omega} \times B\bar{v} + \bar{s} \times \bar{v} + \bar{v} \times C\bar{v}, \quad (1)$$

$$\dot{\bar{v}} = \bar{v} \times \bar{\omega}, \quad (2)$$

в которых $\bar{\omega} = (\omega_1, \omega_2, \omega_3)$ – угловая скорость; $\bar{v} = (v_1, v_2, v_3)$ – вектор оси симметрии силовых полей; A, B, C – постоянные симметричные матрицы третьего порядка; $\bar{\lambda} = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$ и $\bar{s} = (s_1, s_2, s_3)$ – постоянные векторы; точка над векторами $\bar{\omega}$ и \bar{v} обозначает производную по времени t .

Полагается, что гиростат вращается равномерно относительно неподвижного в пространстве вектора $\bar{\gamma}$: $\bar{\omega} = \omega_0 \bar{\gamma}$, ω_0 – постоянная. В силу равенства $\frac{d\bar{\omega}}{dt} = \dot{\bar{\omega}}$, где $\frac{d\bar{\omega}}{dt}$ – абсолютная производная, $\dot{\bar{\omega}}$ – относительная производная, вектор $\bar{\gamma}$ не изменяет своего положения в системе координат, связанной с гиростатом. Обозначим вектор в гиростате, с которым связан вектор $\bar{\gamma}$ через \bar{a} . Тогда для вектора угловой скорости получим выражение

$$\bar{\omega} = \omega_0 \bar{a} \quad (\dot{\bar{a}} = \bar{0}). \quad (3)$$

Подставим выражение (3) в уравнение (2):

$$\dot{\bar{v}} = \omega_0 (\bar{v} \times \bar{a}). \quad (4)$$

В докладе показано, что при выборе для единичного вектора сферических координат μ_0, σ_0 :

$$a_1 = \sin \mu_0 \cos \sigma_0, \quad a_2 = \sin \mu_0 \sin \sigma_0, \quad a_3 = \cos \mu_0, \quad (5)$$

уравнение (4) интегрируется в элементарных функциях. То есть

$$v_1 = a_0 \sin \mu_0 \cos \sigma_0 - (\sin \sigma_0 \cos \omega_0 t - \cos \sigma_0 \cos \mu_0 \sin \omega_0 t) a_0',$$

$$v_2 = a_0 \sin \mu_0 \sin \sigma_0 + (\cos \sigma_0 \cos \omega_0 t + \sin \sigma_0 \cos \mu_0 \sin \omega_0 t) a_0',$$

$$v_3 = a_0 \cos \mu_0 - a_0' \sin \mu_0 \sin \omega_0 t,$$

$$\begin{cases} v_1 = a_0 \sin \mu_0 \cos \sigma_0 - (\sin \sigma_0 \cos \omega_0 t - \cos \sigma_0 \cos \mu_0 \sin \omega_0 t) a'_0 \\ v_2 = a_0 \sin \mu_0 \sin \sigma_0 + (\cos \sigma_0 \cos \omega_0 t + \sin \sigma_0 \cos \mu_0 \sin \omega_0 t) a'_0 \\ v_3 = a_0 \cos \mu_0 - a'_0 \sin \mu_0 \sin \omega_0 t \end{cases} \quad (6)$$

где $a_0 = \cos \angle(\bar{v}, \bar{a})$, $a'_0 = \sin \angle(\bar{v}, \bar{a})$ – постоянные.

С учетом (3) уравнение (1) принимает вид

$$\omega_0^2 (A\bar{a} \times \bar{a}) + \omega_0 [(\bar{\lambda} \times \bar{a}) + (\bar{a} \times B\bar{v})] + \bar{s} \times \bar{v} + \bar{v} \times C\bar{v}. \quad (7)$$

В [1] показано, что вектор \bar{s} коллинеарен \bar{a} : $\bar{s} = s\bar{a}$. Исследование уравнения (7) в этой книге проведено в системе, для которой $\bar{a} = (0,0,1)$. Однако на практике применения результатов исследования равномерных вращений гиростата используется главная система координат, в которой $A = \text{diag}(A_1, A_2, A_3)$.

В докладе на основании (6) из уравнения (7) получены три скалярных уравнения

$$F_i(a_i, \lambda_i, s_i, A_i, B_{ij}, C_{ij}, t) = 0. \quad (8)$$

Требование того, что равенства (8) являются тождествами по времени t приводит к условиям существования решений (3), (6) уравнений (1), (2). Эти условия в докладе изучены для случая $B = \text{diag}(B_1, B_2, B_3)$, $C = \text{diag}(C_1, C_2, C_3)$.

В докладе проведено сравнение полученных автором результатов и результатов О. Штауде [2] и П.В. Харламова [3].

Список литературы

1. Горр Г.В., Мазнев А.В. Динамика гиростата, имеющего неподвижную точку. – Донецк: ДонНУ, 2010. – 364 с.
2. Staude O. Über permanente Rotationsachsen beider Bewegung eines schweren Körpers um einen festen Punkt// I. reine und angew. Math. – 1894. – Vol. 113, H.4. - P. 318-334.
3. Харламов П.В. О равномерных вращениях тела, имеющего неподвижную точку// Прикл. математика и механика. – 1965. – Т. 29, вып. 2. – С. 373-375.

УДК 531.38

ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛОЖЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ ОДНОЙ ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Бартошик Н.В.,

Щепин Н.Н., канд. физ.-мат. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

Введение. В настоящее время системы связанных твердых и упругих тел широко используются для моделирования механических объектов. Популярность данного подхода обусловлена использованием хорошо

разработанного аппарата аналитической механики для исследования статики и динамики систем с конечным числом степеней свободы. Важной особенностью постановок таких задач является выбор выражения связи в упругих шарнирах системы, с целью адекватного моделирования соотношений между величинами, описывающими поля напряжений и деформаций в распределенных системах.

В последние годы стержневые системы интенсивно использовались для моделирования биологических объектов в работах российских и зарубежных ученых. При этом особое значение уделялось изучению равновесных конфигураций. Этой задаче посвящены, в частности, работы [1–3]. Интерес представляет точное решение уравнений равновесия упругого замкнутого стержня класса “роза”, предложенное в работе [4]. В [5] проведен численный анализ этого решения. Сложность дальнейшего использования решений, полученных в [1–5], для аналитического анализа равновесных конфигураций заключается в громоздкости полученных выражений.

В настоящей работе упругий стержень в плоском случае моделировался системой n твердых тел, связанных упругими цилиндрическими шарнирами, что позволило учесть геометрическую нелинейность поведения упругого стержня.

Для случая шести твердых тел продолжено исследование решения типа “розы”, начатое в работе [6], которое является конечномерным аналогом решения Е.Л. Старостина.

Постановка задачи. Пусть система состоит из n гироскопов Лагранжа S_j , связанных в точках O_{j+1} пересечения осей симметрии тел S_j и S_{j+1} упругими цилиндрическими шарнирами. Полагаем, что оси симметрии $O_j O_{j+1} = h_j$ тел S_j лежат в одной плоскости OXZ , а оси всех шарниров ей перпендикулярны. Система тел – замкнута.

Для учета геометрической нелинейности поведения упругого стержня момент в шарнирах выбирался равным

$$L_j = c^2 \sin(\psi_j - \psi_{j-1}), \quad j = \overline{1, n} \quad (1)$$

Как и в работе [8], полагалось, что на систему не действуют внешние силы и моменты, вследствие чего ее центр масс неподвижен. Тогда с учетом соотношения (1) находим потенциальную энергию системы

$$\Pi = -c^2 \sum_{j=1}^n \cos(\psi_j - \psi_{j-1}). \quad (2)$$

Для замкнутых систем выполняется следующее соотношение:

$$f_1 = \sum_{j=1}^n h_j \cos \psi_j = 0, \quad f_2 = \sum_{j=1}^n h_j \sin \psi_j = 0 \quad (3)$$

Для систем с дополнительными связями положения равновесия могут быть найдены из условия стационарности функции $L = \Pi + \lambda_1 f_1 + \lambda_2 f_2$.

С учетом соотношений (2), (3), получаем систему уравнений

$$c^2(\sin(\psi_{j+1} - \psi_j) - \sin(\psi_j - \psi_{j-1})) = h_j(\lambda_2 \cos \psi_j - \lambda_1 \sin \psi_j), \quad j = \overline{1, n},$$

$$\psi_{n+1} = \psi_1, \quad \psi_0 = \psi_n, \quad (4)$$

которая вместе с равенствами (3) позволяет определить неизвестные величины поставленной задачи.

В случае конечномерной системы, моделирующей конфигурацию оси стержня типа “роза”, решение было описано в [7].

В простейшем случае такая конфигурация может быть представлена системой шести тел (рис. 1).

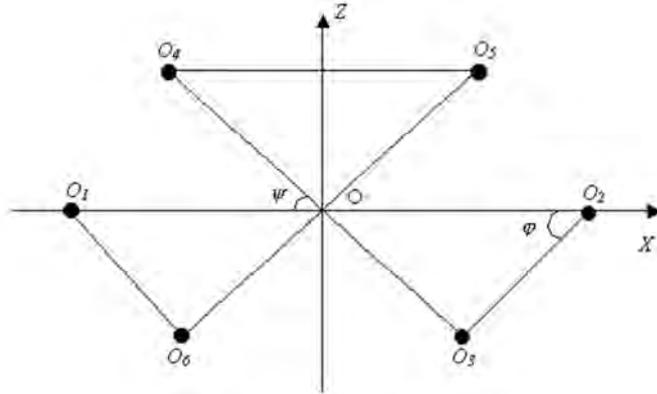


Рис. 1. Конфигурация типа “роза”.

Область существования решения данной конфигурации имеет вид

$$\{p \in (0,1); a \in (\frac{p + (1-p)\sqrt{2(1-p)}}{p(p^2 - 2p + 2)}; \frac{1}{p^2})\},$$

где $p = \sin \varphi / (c \sin \psi)$. Она представлена на рис. 2.

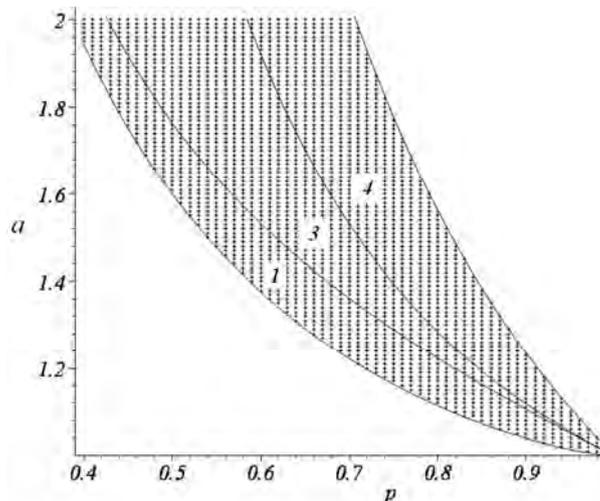


Рис. 2. Область существования решения.

Исследование устойчивости положения равновесия. Устойчивость изолированного положения равновесия консервативной системы с голономными и стационарными связями может быть определена из условия минимума потенциальной энергии системы. В случае нелинейности связей,

можно воспользоваться методом неопределенных множителей Лагранжа и находить минимум функции L , в которой множители λ_1, λ_2 находятся из условий стационарности функции L . Численные исследования позволили построить области решений неравенств, определяющие области выполнения достаточных условий устойчивости положения равновесия системы

Таким образом, для системы, состоящей из шести тел, найдена область существования положения равновесия конфигурации “розы” и определено, что для данной системы достаточные условия устойчивости положения равновесия не выполняются.

Список литературы

1. Бенхэм Дж. Механика и равновесные состояния сверхспирализованной ДНК // В кн.: Математические методы для анализа последовательностей ДНК. – М.: Мир, 1999. – С. 308-338.
2. Starostin E.I. Three-dimensional shapes of looped DNA // Meccanica 31. – 1996. – Vol. 3. – P. 235-271.
3. Кугушев Е.И., Пирогова Е.Е., Старостин Е.Л. Математическая модель образования трехмерной структуры ДНК. – 1997. – 24 с. – (Препринт РАН ИПМ им. М.В. Келдыша, № 77).
4. Starostin E.I. Equilibrium configurations of a thin elastic rod with self contacts // Proc. Appl. Math. Mech. – 2002. – Vol. 1. – P. 137-138.
5. Starostin E.I. Symmetric equilibria of a thin elastic rod with self contacts // Phil. Trans. R. Soc. Lon., A. – 2004. – Vol. 362. – P. 1317-1334.
6. Болграбская И.А., Щепин Н.Н. О новом решении уравнений равновесия системы тел с упругой связью // Прикл. математика и механика. – 2014. – Т. 78, вып. 25. – С. 671-680.
7. Болграбская И.А., Щепин Н.Н. Положение равновесия замкнутых систем с самопересечениями // Механика твердого тела. – 2007. – Вып. 37. – С. 145--151.
8. Болграбская И.А., Щепин Н.Н. Конечномерная модель замкнутого упругого стержня // Механика твердого тела. – 2005. – Вып. 35. – С. 33–39.

УДК 531.38

ОДИН СЛУЧАЙ ИНТЕГРИРУЕМОСТИ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ ГИРОСТАТА ПРИ НАЛИЧИИ ТРЕХ ИНВАРИАНТНЫХ СООТНОШЕНИЙ ОБЩЕГО ВИДА

Горбунова Ю.С.,

Мазнев А.В., д-р физ.-мат. наук, доцент,

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

yulya_gorbunova_1993@mail.ru

Уравнения Кирхгофа-Пуассона, которые описывают задачу о движении тела под действием потенциальных и гироскопических сил, как показали В.В.Козлов и Д.А. Онищенко[1], не интегрируются в квадратурах. Поэтому

актуальным направлением исследований является построение частных решений уравнений динамики на инвариантных соотношениях. Универсальным методом построения новых частных решений уравнений динамики служит общий метод инвариантных соотношений (ИС), предложенный П.В. Харламовым для автономных дифференциальных уравнений[2].

Уравнения движения гиростата с переменным гиростатическим моментом запишем в виде

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{x} \times \boldsymbol{\omega} + \lambda(\boldsymbol{\alpha} \times \boldsymbol{\omega}) - L\boldsymbol{\alpha} + \boldsymbol{\omega} \times B\mathbf{v} + s \times \mathbf{v} + \mathbf{v} \times C\mathbf{v}, \\ \dot{\mathbf{v}} &= \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}, \quad \dot{\lambda} = L.\end{aligned}\tag{1}$$

Здесь $\mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3)$ – момент количества движения тела-носителя, который связан с вектором угловой скорости соотношением $\boldsymbol{\omega} = a\mathbf{x}$ (a – гирационный тензор).

Уравнения (1) допускают два первых интеграла

$$\mathbf{v} \cdot \mathbf{v} = 1, \quad (\mathbf{x} + \boldsymbol{\lambda}) \cdot \mathbf{v} - \frac{1}{2}(B\mathbf{v} \cdot \mathbf{v}) = k,\tag{2}$$

где k – произвольная постоянная. Полагаем, что в (1), (2)

$$a = \text{diag}(a_1, a_2, a_3) \text{ и } \boldsymbol{\lambda} = \lambda_0 + \lambda_1\mathbf{v}_1 + \lambda_2\mathbf{v}_2 + \lambda_3\mathbf{v}_3.$$

Поставлена задача об исследовании условий существования у уравнений (1), (2) трех инвариантных соотношений (ИС) общего вида

$$\begin{aligned}x_1 &= b_0 + b_1v_1 + b_2v_2 + b_3v_3, & x_2 &= c_0 + c_1v_1 + c_2v_2 + c_3v_3, \\ x_3 &= d_0 + d_1v_1 + d_2v_2 + d_3v_3.\end{aligned}\tag{3}$$

где параметры b_i, c_i, d_i подлежат определению.

Согласно методу инвариантных соотношений найдены условия существования ИС для уравнений (1),(2)

При найденных условиях динамические уравнения (1) обращаются в тождества, а уравнения Пуассона принимают вид

$$\begin{aligned}\dot{v}_1 &= -a_3\lambda_0v_2 + n_1(v_2^2 + v_3^2) - n_2v_1v_2, \\ \dot{v}_2 &= a_3\lambda_0v_1 + n_2(v_1^2 + v_3^2) - n_1v_1v_2, \\ \dot{v}_3 &= -v_3(n_1v_1 + n_2v_2)\end{aligned}\tag{4}$$

где $n_1 = -a_2d_3$, $n_2 = a_1b_3$, $n_3 = -a_1b_2$.

Уравнения (4) имеют первые интегралы (2) и дополнительный интеграл

$$n_2v_1 - n_1v_2 + a_3\lambda_0 = cv_3,\tag{5}$$

где c – произвольная постоянная.

Введем новые переменные

$$v_1 = \sin \theta \cos \varphi, \quad v_2 = \sin \theta \sin \varphi, \quad v_3 = \cos \theta.\tag{6}$$

Подставим выражения (6) в уравнение (4) и интеграл (5). В результате несложных преобразований получим

$$\dot{\theta} = \operatorname{ctg}\theta \cdot \sqrt{\mu_0^2 \sin^2 \theta - (c \cos \theta + a_3 \lambda_0)^2}, \quad (7)$$

$$\varphi = -\alpha_0 + \arccos \frac{c \cos \theta + a_3 \lambda_0}{\mu_0 \sin \theta}, \quad (8)$$

где $\mu_0 = \sqrt{n_1^2 + n_2^2}$, $\alpha_0 = \operatorname{arctg} \frac{n_1}{n_2}$.

Таким образом, из уравнения (7) вытекает, что $\theta = \theta(t)$ – элементарная функция времени. После ее нахождения $\varphi = \varphi(t)$ определим из формулы (8). Подстановка найденных функций $\theta(t)$, $\varphi(t)$ в равенства (6) дает возможность установить зависимости v_i ($i = \overline{1,3}$) от времени. Тогда соотношения $\lambda = \lambda_0 + \lambda_1 v_1 + \lambda_2 v_2 + \lambda_3 v_3$ и (5) позволяют определить основные переменные задачи от времени. Функция $L(t) = \dot{\lambda}(t)$ находится на основании формул (6).

Список литературы

1. Козлов В.В., Онищенко Д.А. Неинтегрируемость уравнений Кирхгофа // Докл. АН СССР. – 1982. – 266, № 6. – С. 1298-1300.
2. Горр Г.В. Инвариантные соотношения уравнений динамики твердого тела. Теория, результаты, комментарии. – М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований; 2017. – 424 с.

УДК 531.38

ОБОБЩЕНИЕ УРАВНЕНИЙ Н. КОВАЛЕВСКОГО В ЗАДАЧЕ О ДВИЖЕНИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА БАРНЕТТА–ЛОНДОНА

Демидова О.А.,

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

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

o.a.demidova.1993@gmail.com

Рассмотрим задачу о движении тяжелого твердого тела в магнитном поле с учетом эффекта Барнетта-Лондона [1–3]. Уравнение движения запишем в векторном виде без учета ньютоновских сил

$$A \dot{\vec{\omega}} = A \vec{\omega} \times \vec{\omega} + B \vec{\omega} \times \vec{v} + s(\vec{e} \times \vec{v}), \quad \dot{\vec{v}} = \vec{v} \times \vec{\omega}, \quad (1)$$

где $\vec{\omega} = (p, q, r)$ – вектор угловой скорости тела; $\vec{v} = (v_1, v_2, v_3)$ – единичный вектор, указывающий направление силы тяжести; $A = \operatorname{diag}(A_1, A_2, A_3)$ –

тензор инерции; $\vec{e} = (e_1, e_2, e_3) = \frac{\overline{OC}}{|\overline{OC}|}$ – единичный вектор, направленный из

неподвижной точки O в центр тяжести тела; s – произведение веса тела и расстояния от неподвижной точки до центра тяжести; точка над переменными $\vec{\omega}$ и \vec{V} обозначает относительную производную по времени t .

Уравнения (1) описывают движение нейтрального ферромагнетика (эффект Барнетта) и сверхпроводящего твердого тела (эффект Лондона) в магнитном поле. Магнитный момент, который возникает при указанном движении, равен $B\vec{\omega}$, где B – некоторая симметричная матрица.

Пусть $e_2 = 0$, $e_3 = 0$, $B = \text{diag}(B_1, 0, 0)$. Тогда из (1) имеем

$$A_1 \dot{p} = (A_2 - A_3)qr, \quad A_2 \dot{q} = (A_3 - A_1)rp + (B_1 p + s)v_3, \quad (2)$$

$$A_3 \dot{r} = (A_1 - A_2)pq - (B_1 p + s)v_2.$$

$$\dot{v}_1 = rv_2 - qv_3, \quad \dot{v}_2 = pv_3 - rv_1, \quad \dot{v}_3 = qv_1 - pv_2. \quad (3)$$

Уравнения (2), (3) имеют только два первых интеграла

$$v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 = 1, \quad A_1 p v_1 + A_2 q v_2 + A_3 r v_3 = k. \quad (4)$$

Положим $q^2 = Q(p)$, $r^2 = R(p)$. Введем параметры

$$\mu_0 = (A_2 - A_3)A_1^{-1}, \quad \mu_1 = A_2(A_2 - A_3)(2A_1)^{-1}, \quad \mu_2 = A_3(A_2 - A_3)(2A_1)^{-1}$$

и функции

$$u(p) = \left[(A_3 - A_1)p - \mu_1 Q'(p) \right] (B_1 p + s)^{-1}, \quad (5)$$

$$v(p) = \left[(A_2 - A_1)p - \mu_2 R'(p) \right] (B_1 p + s)^{-1}.$$

Из интеграла моментов, указанного в (4) следует

$$v_1(p) = \left[k - v(p)Q(p) - u(p)R(p) \right] (A_1 p)^{-1}. \quad (6)$$

Запишем уравнения (2), используя переменные $Q(p)$, $R(p)$, $u(p)$, $v(p)$ из (5). Тогда

$$\dot{p} = \mu_0 \sqrt{Q(p)R(p)}, \quad v_2(p) = v(p)\sqrt{Q(p)}, \quad v_3(p) = u(p)\sqrt{R(p)}. \quad (7)$$

С учетом значений для компонент вектора \vec{V} из (6), (7) геометрический интеграл из (4) примет вид

$$Q(p)v^2(p) + R(p)u^2(p) + (A_1 p)^{-2} \left(k - Q(p)v(p) - R(p)u(p) \right)^2 = 1.$$

Перейдем в уравнениях (3) к дифференцированию по переменной p . В силу (6), (7) имеем

$$2^{-1} \mu_0 Q'(p)v(p) + \mu_0 Q(p)v'(p) + v_1(p) - pu(p) = 0, \quad (8)$$

$$2^{-1} \mu_0 R'(p)u(p) + \mu_0 R(p)u'(p) - v_1(p) + pv(p) = 0.$$

Для развернутого представления уравнений (8) необходимо подставить в них функции $v_1(p)$, $u_1(p)$, $\nu_1(p)$, определенные формулами (5), (6). Метод получения уравнений (8) отличается от метода получения уравнений Н. Ковалевского, поскольку в нем используются разные значения для функции $\nu_1(p)$ (для нахождения уравнений Н. Ковалевского использовался интеграл энергии, а для получения уравнений (8) интеграл момента количества движения). Это связано с тем, что уравнения (2), (3) не допускают интеграл энергии.

Уравнения (8) представляют, в основном, математический интерес. Они могут найти применение при построении полиномиальных решений дифференциальных уравнений динамики твердого тела класса Стеклова–Ковалевского–Горячева.

Список литературы

1. Горр Г.В., Мазнев А.В. Динамика гиростата, имеющего неподвижную точку. – Донецк: ДонНУ, 2010. – 364 с.
2. Козлов В.В. К задаче о вращении твердого тела в магнитном поле // Изв. РАН. Механика твердого тела. – 1985, №6. – С. 28-33.
3. Самсонов В.А. О вращении твердого тела в магнитном поле // Изв. РАН. Механика твердого тела. – 1984, №4. – С. 32-34.

УДК 653.13

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ

Платонова Е.С.,

Зыза А.В., канд. техн. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

elenasergeevna9@mail.ru

Моделирование как метод познания применялось человечеством – осознанно или интуитивно – всегда. На стенах древних храмов предков южно-американских индейцев обнаружены графические модели мироздания. Учение о моделировании возникло в средние века. Выдающаяся роль в этом принадлежит Леонардо да Винчи (1452–1519).

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. [2]

Математическая сложность модели и практическая важность разработок в этой области определяют ряд научных направлений. Одним из них является

направление, в котором изучается классическая задача о движении твердого тела и ее различные обобщения: задача о движении тела в поле потенциальных и гироскопических сил; задача о движении тела в магнитном поле с учетом эффекта Барнетта-Лондона и другие.

В динамике твердого тела большой интерес представляет построение частных решений, в частности полиномиальных. Данное направление научных исследований представлено в Донецке несколькими научными школами, работающими, в основном, в Институте прикладной математики и механики:

- дифференциальных уравнений в частных производных, основана акад. АН УССР И.И. Данилюком и Я.Б. Лопатинским;
- комплексного анализа, теории конформных отображений и теории приближений, основана член-корр. АН УССР Г.Д. Суворовым;
- теории вероятностей и математической статистики, основана член-корр. АН УССР И.И. Гихманом;
- аналитической механики, основана чл.-корр. НАНУ П.В. Харламовым;
- математических и технических проблем кибернетики, основана академиком РАН, профессором, д.т.н. А.М. Богомолковым. [3]

Основателем института и его первым директором в период 1965–1974 гг. был академик АН УССР, заслуженный деятель науки и техники Украины И.И. Данилюк. Он пригласил в институт с целью возглавить его основные научные направления выдающихся ученых в областях математики, механики и кибернетики: академика АН УССР Я.Б. Лопатинского, членов-корреспондентов АН УССР И.И. Гихмана, Г.Д. Суворова, П.В. Харламова, академика РАПН, профессора, д.т.н. А.М. Богомолова, которые основали ведущие научные направления и сформировали известные научные школы. Результаты фундаментальных исследований института стали основой ряда уникальных прикладных разработок, выполненных для многих областей народного хозяйства Украины и России: энергетики, угольной, горно- и газодобывающей промышленности, космоса, металлургии, машиностроения, медицины [1].

Учеными института получены значительные фундаментальные результаты, известные как в ближнем, так и в дальнем зарубежье. Внесен весомый вклад в изучение нелинейных краевых задач со свободной границей – построена обобщенная теория Морса, важный раздел вариационного вычисления, для интегральных функционалов с переменной областью интегрирования.

Список литературы

1. Бордовский, Геннадий Алексеевич. «Физические основы математического моделирования»: [учеб. пособие для студ. физико-матем. спец. вузов / Г.А. Бордовский, А.С. Кондратьев, А.Д.Р. Чоудери. – М.: Академия, 2005. – 320 с. – (Высшее профессиональное образование. Естественные науки)].

2. Будущее прикладной математики [Текст]: лекции для молодых исследователей: поиски и открытия / Ин-т прикл. математики, РАН; [ред. Г.Г. Малинецкий]. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 635, [5] с.
3. Математическое моделирование: проблемы и результаты / РАН. – М.: Наука, 2003. – 478 с.: рис. – (Информатика: неограниченные возможности и возможные ограничения).

УДК 531.38

ДВА ЛИНЕЙНЫХ ИНВАРИАНТНЫХ СООТНОШЕНИЯ В ЗАДАЧЕ О ДВИЖЕНИИ ТЯЖЕЛОГО НЕАВТОНОМНОГО ГИРОСТАТА

Полежаева Е.С.,

Мазнев А.В., д-р физ.-мат. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

lenka.polezhaeva@mail.ru

Построение частных решений уравнений динамики является актуальным направлением в исследовании движения гиростата.

Рассмотрим уравнения движения гиростата под действием специального класса потенциальных и гироскопических сил [1]

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{x} \times \boldsymbol{\omega} + \lambda(\boldsymbol{\alpha} \times \boldsymbol{\omega}) - L\boldsymbol{\alpha} + \boldsymbol{\omega} \times B\mathbf{v} + \mathbf{s} \times \mathbf{v} + \mathbf{v} \times C\mathbf{v}, \quad (1)$$

$$\dot{\mathbf{v}} = \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}, \quad \dot{\lambda} = L.$$

Здесь $\mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3)$ – момент количества движения тела-носителя, который связан с вектором угловой скорости соотношением $\boldsymbol{\omega} = a\mathbf{x}$ (a – гирационный тензор).

Уравнения (1) допускают два первых интеграла

$$\mathbf{v} \cdot \mathbf{v} = 1, \quad (\mathbf{x} + \lambda) \cdot \mathbf{v} - \frac{1}{2}(B\mathbf{v} \cdot \mathbf{v}) = k, \quad (2)$$

где k – произвольная постоянная.

Поставлена задача определения условий существования у дифференциальных уравнений (1) двух линейных инвариантных соотношений (ИС) вида

$$x_1 = b, \quad x_2 = c, \quad (3)$$

где b и c – постоянные.

На ИС (3) уравнения (1) примут вид

$$\alpha_1 \dot{\lambda}(t) + \alpha_3 \lambda(t) (\beta_0 + a_{23}x_3) + a_{23}x_3^2 = x_3 (B_0 + B_1v_1 + B_2v_2 + B_3v_3) + f_2(v_1, v_2, v_3), \quad (4)$$

$$\lambda(t)(\gamma_0 + \gamma_1 x_3) - a_{13} x_3^2 = x_3 (C_0 + C_1 v_1 + C_2 v_2 + C_3 v_3) + g_2(v_1, v_2, v_3), \quad (5)$$

$$(x_3 + \alpha_3 \lambda(t))' - \alpha_1 \lambda(t)(\beta_0 + a_{23} x_3) = x_3 (G_0 + G_1 v_1 + G_2 v_2 + G_3 v_3) + h_2(v_1, v_2, v_3), \quad (6)$$

где коэффициенты β_0, B_i, C_i, G_i – известные соотношения, связывающие параметры задачи, а функции f_2, g_2, h_2 – известные функции переменных v_i .

Рассмотрен случай, когда уравнения (1) описывают задачу о движении гиростата с переменным гиростатическим моментом под действием только силы тяжести $B_{ij} = 0, C_{ij} = 0$ ($i, j = \overline{1,3}$).

Предполагая, что уравнение (4) выполняется для любых значений переменных λ, v_i, x_3 , а барицентрическая ось является главной, получим следующие условия на параметры задачи

$$\alpha_1 = 0, a_{12} = a_{13} = a_{23} = 0, c = 0, s_2 = s_3 = 0. \quad (7)$$

Обозначая $a_{ii} = a_i$ ($i = \overline{1,3}$) из уравнений (5),(7) и равенств (7) найдем

$$\lambda = (a_3 b v_3)^{-1} [b k (a_3 - a_1) + b^2 (a_1 - a_3) v_1 + s_1 v_3^2], \quad (8)$$

$$x_3 = (a_3 b v_3)^{-1} (b k a_1 - b^2 a_1 v_1 - s_1 v_3^2).$$

Уравнения Пуассона имеют интегралы

$$v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 = 1, \quad v_3^{-1} [a_1 b (b v_1 - k) - s_1 v_3^2] = c_*,$$

где c_* – произвольная постоянная. Из этих интегралов получим

$$v_1(v_3) = (a_1 b^2)^{-1} (k a_1 b + c_* v_3 + s_1 v_3^2), \quad v_2(v_3) = \sqrt{1 - v_3^2 - v_1^2(v_3)}. \quad (9)$$

Подставив $v_2(v_3)$ из (9) в третье равенство уравнений Пуассона. Приходим к дифференциальному уравнению с разделяющимися переменными, из которого вытекает

$$\int_{v_3^{(0)}}^{v_3} \frac{dv_3}{\sqrt{1 - v_3^2 - v_1^2(v_3)}} = -a_1 b (t - t_0). \quad (10)$$

В силу (9), (10) функция $v_3 = v_3(t)$ находится путем обращения эллиптического интеграла (10). Подставив ее в формулы (8), (9) и учтя соотношения (3) при условиях (7) получим зависимость основных переменных задачи от времени.

Список литературы

1. Горр Г.В., Мазнев А.В. Динамика гиростата, имеющего неподвижную точку. – Донецк: ДонНУ, 2010. – 364 с.

О РАВНОМЕРНЫХ ВРАЩЕНИЯХ ГИРОСТАТА ОТНОСИТЕЛЬНО НАКЛОННОЙ ОСИ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА БАРНЕТТА-ЛОНДОНА

Шенцова В.В.,

Горр Г.В., д-р физ.-мат. наук, профессор,
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
shentsovav@mail.ru

Равномерные вращения элементов многих конструкций техники служат рабочим режимами, что обосновывает актуальность исследований по моделированию равномерных движений системы класса гиростат. О. Штауде [1] установил конус осей равномерных вращений тяжелого твердого тела, имеющего неподвижную точку. П.В. Харламов [2] показал, что семейство осей равномерных вращений гиростата под действием силы тяжести значительно сложнее, чем конус Штауде. В книге [3] изучены равномерные вращения гиростата относительно наклонной оси в задаче о движении гиростата под действием потенциальных и гироскопических сил. Данный доклад посвящен исследованию равномерных вращений гиростата в магнитном поле с учетом эффекта Барнетта-Лондона. Рассмотрены дифференциальные уравнения

$$A\dot{\bar{\omega}} = (A\bar{\omega} + \bar{\lambda}) \times \bar{\omega} + B\bar{\omega} \times \bar{\nu} + \bar{s} \times \bar{\nu} + C\bar{\nu}, \quad (1)$$

$$\dot{\bar{\nu}} = \bar{\nu} \times \bar{\omega}, \quad (2)$$

которые допускают первые интегралы

$$\bar{\nu} \cdot \bar{\nu} = 1, (A\bar{\omega} + \bar{\lambda}) \cdot \bar{\nu} = k, \quad (3)$$

где k – произвольная постоянная. В (1)–(3) использованы обозначения: $\bar{\omega} = (\omega_1, \omega_2, \omega_3)$ – вектор угловой скорости; $\bar{\nu} = (\nu_1, \nu_2, \nu_3)$ – единичный вектор напряженности магнитного поля; A, B, C – постоянные симметричные матрицы третьего порядка; $\bar{\lambda} = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$, $\bar{s} = (s_1, s_2, s_3)$ – постоянные векторы; точка над переменными обозначает производную по времени t .

В докладе показано, что при равномерном вращении гиростата вектор угловой скорости может быть задан в виде

$$\bar{\omega} = \omega_0 \bar{a}, \quad (4)$$

где $\omega_0 = const$, \bar{a} – постоянный единичный вектор, связанный с телом-носителем. Предполагается, что в главной системе координат гиростата он имеет компоненты: a_1, a_2, a_3 .

В силу (4) уравнение (2) сводится скалярной форме к трем дифференциальным уравнениям

$$\dot{\nu}_1 = \omega_0(a_3\nu_2 - a_2\nu_3), \quad \dot{\nu}_2 = \omega_0(a_1\nu_2 - a_3\nu_1), \quad \dot{\nu}_3 = \omega_0(a_2\nu_1 - a_1\nu_2), \quad (5)$$

Общее решение системы (5) таково

$$\begin{aligned}
v_1 &= a_0 a_1 + c[(a_2 + a_1 a_3) \cos \omega_0 t + (a_2 + a_1 a_3) \sin \omega_0 t], \\
v_2 &= a_0 a_2 + c[(a_2 a_3 + a_1) \cos \omega_0 t - (a_1 + a_2 a_3) \sin \omega_0 t], \\
v_3 &= a_0 a_3 + c[(a_1^2 + a_2^2)(\sin \omega_0 t - \cos \omega_0 t)],
\end{aligned} \tag{6}$$

где $a_0 = \cos \theta_0$, $a'_0 = \sin \theta_0$, $\theta_0 = \angle(\bar{v}, \bar{a})$.

Из системы (5) следует инвариантное соотношение

$$\bar{a} \cdot \bar{v} = a_0. \tag{7}$$

Подстановка выражения (4) в интеграл моментов из (3) приводит к уравнению, которое совместно с (7) приводит к условию $\bar{\lambda} = (\mu_0 E - \omega_0 A) \bar{a}$, где E -единичная матрица третьего порядка.

В докладе показано, что при указанных выше условиях уравнение (1) приводится к виду

$$\omega_0 (B \bar{a} \times \bar{v}) + \bar{s} \times \bar{v} + \bar{v} \times C \bar{v} = 0. \tag{8}$$

При подстановке в (8) значений (6) следует три скалярных равенства, которые должны быть тождествами по t . Данное требование приводит к условиям существования равномерных вращений гиростата.

Приведем пример разрешимости данных условий. Пусть $C=0$, $\bar{s} = -\omega_0 B \bar{a}$, тогда уравнение (8) становится тождеством. То есть, равномерное вращение происходит вокруг вектора $\bar{a} = -\frac{1}{\omega_0} B^{-1} \bar{s}$. В докладе приведены и другие примеры существования равномерных вращений гиростата.

Список литературы

1. Staude O. Über permanente Rotationsachsen bei der Bewegung eines schweren Körpers um einen festen Punkt // J. reine und angew. Math. – 1894. – 113, H.4. – S 318-334.
2. Харламов П.В. О равномерных вращениях тела, имеющего неподвижную точку / П.В. Харламов // Прикладная математика и механика. – 1965. – т.29, вып. 2. – С. 373-375.
3. Горр Г.В. Динамика твердого тела, имеющего неподвижную точку / Г.В. Горр, А.В. Мазнев, – Донецк: ДонНУ, 2010. – 364 с.

УДК 539.3

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА И. Н. ВЕКУА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
СОСТОЯНИЯ ИЗГИБА ИЗОТРОПНЫХ ПЛАСТИН
С ТЕПЛОИЗОЛИРОВАННЫМ РАЗРЕЗОМ**

Бондаренко Н.С., канд. физ.-мат. наук
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
Bondarenko.Natalya.Sergeevna@gmail.com

Классическая теория Кирхгоффа-Лява, построенная при помощи кинематической гипотезы нормального элемента, в настоящее время изучена достаточно полно. Однако существует ряд подходов построения теории пластин и оболочек при менее жёстких ограничениях, чем гипотезы классической теории.

Одним из подходов является метод разложения по толщине, который основан на представлении искомым функций в виде рядов по положительным степеням нормальной координаты. Этот метод, в отличие от известных общих методов, позволяет глубже и полнее исследовать явления, связанные с поперечными сдвигами и обжатием, характерными для современных композиционных материалов. Дополнительные сложности в прочностные расчёты элементов конструкций вносит наличие опасных концентраторов напряжений (например, дефектов типа трещин). Такие дефекты могут привести к утрате работоспособности сооружений и вызвать угрозу их разрушения.

Особенно большая и плодотворная работа в плане развития уточнённых теорий пластин и оболочек была проведена в Советском Союзе. В работах известного советского учёного И. Н. Векуа [1] в качестве базисных функций принимаются полиномы Лежандра. При этом для составления соответствующих граничных и начально краевых задач относительно коэффициентов разложений (как функций координат срединной поверхности и времени) используются проекционный и вариационный методы. Дальнейшее обобщение и развитие метод И. Н. Векуа получил в работах И. Ю. Хомы [2], Б. Л. Пелеха, В. А. Лазько [3]. Об актуальности решения задач термомеханики разрушения свидетельствует ряд современных публикаций российских учёных, например, статья [4].

В данной работе сведение трёхмерной задачи термоупругости к двумерной осуществлено с использованием обобщённой теории, основанной на методе И. Н. Векуа разложения искомым функций в ряды Фурье по полиномам Лежандра от толщинной координаты. Такой подход позволяет непосредственно находить коэффициенты интенсивности напряжений (КИН)

и уйти от понятия коэффициентов интенсивности термоупругих усилий и моментов, которые использовались в задачах подобного типа до настоящего времени. Использована уточнённая теория в варианте $\{1,0\}$ -аппроксимации (обобщённая теория С. П. Тимошенко).

Рассмотрена изотропная пластина толщины $2h$, на лицевых поверхностях которой происходит конвективный теплообмен по закону Ньютона с внешней средой нулевой температуры. Пластина содержит теплоизолированный разрез L . Представления искомым функций и разрешающая система уравнений термоупругости $\{1,0\}$ -аппроксимации приведены в [3]. Граничные условия на линии теплоизолированного разреза L сформулированы в предположении свободных берегов разреза и отсутствия контакта между ними [5].

Решение задачи термоупругости для изотропной пластины с теплоизолированным разрезом получено с помощью двумерного интегрального преобразования Фурье с учётом разрывного характера искомым функций на линии разреза L . Методика определения КИН для поперечного и продольного сдвига описана в статье [6].

Для изотропной пластины, содержащей прямолинейный теплоизолированный разрез длины $2h$, проведены численные исследования влияния интенсивности и характера теплообмена на максимальные по модулю значения КИН K_{II} и K_{III} . Предполагалось наличие температурного поля, вызывающего состояние термоупругого изгиба. Рассмотрены верхний односторонний асимметричный теплообмен с внешней средой на лицевых поверхностях пластины.

Численные расчёты показали, что при тепловой нагрузке, приводящей к изгибу, увеличение интенсивности теплообмена при его произвольном характере приводит к уменьшению максимальных по модулю значений КИН для поперечного и продольного сдвига.

Список литературы

1. Векуа И. Н. Некоторые общие методы построения различных вариантов теории оболочек / И. Н. Векуа. – Москва : Наука, 1982. – 285 с.
2. Хома И. Ю. Обобщенная теория анизотропных оболочек / И. Ю. Хома. – Киев : Наукова думка, 1986. – 172 с.
3. Пелех Б. Л. Слоистые анизотропные пластины и оболочки с концентраторами напряжений / Б. Л. Пелех, В. А. Лазько. – Киев : Наукова думка, 1982. – 296 с.
4. Глаголев В. В. Термомеханика разрушения тел с трещиноподобным дефектом / В. В. Глаголев, А. А. Маркин // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2015, Вып. 2. – С. 36–41.
5. Кит Г. С. Плоские задачи термоупругости для тел с трещинами / Г. С. Кит, М. Г. Кривцун. – К. : Наук. думка, 1984. – 280 с.
6. Бондаренко Н. С. Исследование влияния внешней среды на состояние термоупругого изгиба изотропных пластин с теплоизолированным разрезом / Н. С. Бондаренко, А. С. Гольцев // Труды Института прикладной математики и механики. – 2016, Т. 30. – С. 20–28.

ДЕЙСТВИЕ ЛИНЕЙНОГО ПОТОКА ТЕПЛА В ПЛАСТИНЕ ИЗ ПЬЕЗОМАТЕРИАЛА

Глушанков Е. С.,

Калоеров С. А., д-р физ.-мат. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

evgenij.glushankov@gmail.com

С использованием метода обобщенных комплексных потенциалов задач теплопроводности и термоэлектромагнитоупругости, разложений функций в ряды Лорана и обобщенного метода наименьших квадратов решена задача термоэлектромагнитоупругости для бесконечной многосвязной пластинки из пьезоматериала при действии линейного потока тепла. Для пластинки с одним или двумя отверстиями или трещинами проведены численные исследования напряженно-деформированного состояния.

При решении задачи используются комплексные потенциалы задач теплопроводности $F_5(z_5)$ и термоэлектромагнитоупругости $\Phi_k(z_k)$ ($k = \overline{1, 5}$). С использованием конформных отображений и разложений функций в ряды Лорана для этих функций получены выражения [1–3]

$$F_5(z_5) = c_5 + \sum_{l=1}^{\mathcal{L}} D_l w_{5l}(z_5) + \sum_{l=1}^{\mathcal{L}} \sum_{n=1}^{\infty} c_{5ln} \varphi_{5ln}(z_5); \quad (1)$$

$$\Phi_k(z_k) = N_k(z_k) + \sum_{l=1}^{\mathcal{L}} \sum_{n=1}^{\infty} a_{kln} \varphi_{kln}(z_k), \quad (2)$$

где

$$w_{5l}(z_5) = \ln(z_5 - z_{5l}), \quad \varphi_{kln}(z_k) = \zeta_{kl}^{-n},$$

$$N_k(z_k) = \Gamma_k z_k + \sum_{l=1}^{\mathcal{L}} (A_{kl} z_k + B_{kl}) \ln(z_k - z_{kl}).$$

Для определения неизвестных постоянных c_5 , D_l , c_{5ln} , a_{kln} используется обобщенный метод наименьших квадратов (ОМНК). Для этого на контурах отверстий выбирается система точек и в каждой из них удовлетворяются граничные условия задач теплопроводности и термоэлектромагнитоупругости. В результате получаются две переопределенные системы линейных алгебраических уравнений: первая – для определения постоянных, входящих в функцию $F_5(z_5)$, вторая – для определения разложений функций $\Phi_k(z_k)$, которые решаются методом сингулярных разложений [4]. По этим функциям находятся в любой точке значения температуры, а также основные характеристики термоэлектромагнитоупругого состояния (ТЭМУС): напряжения, индукции и напряженности электромагнитного поля [3]. В случаях, когда эллиптический

контур является прямолинейной трещиной, то вычисляются и коэффициенты интенсивности напряжений, индукций и напряженностей (КИНИН) [5].

Численные исследования были проведены для пластинки с одним или двумя эллиптическими отверстиями или трещинами. При проведении исследований решались задачи 4 типов: задача термоупругости (ТУ), когда не учитываются электрические и магнитные свойства материала, задача термоэлектроупругости (ТЭУ), когда учитываются упругие и электрические свойства, задача термомагнитоупругости (ТМУ), когда учитываются упругие и магнитные свойства и задача термоэлектромагнитоупругости (ТЭМУ), когда учитываются все свойства. Изучалось изменение ТЭМУС, и прежде всего значений напряжений, в зависимости от типа задач, геометрических характеристик отверстий или трещин, их количества и расположения, а также материала пластинки. Исследованиями установлено, что учет электрических свойств материала (задача ТЭУ) незначительно влияет на значения напряжений, учет же магнитных свойств (задача ТМУ) резко меняет значения напряжений, а еще больше их меняет учет и электрических, и магнитных свойств (задача ТЭМУ), поэтому этими свойствами при расчетах пренебрегать нельзя. На значения напряжений в зонах между отверстиями значительно влияет расстояние между контурами, вне этих зон влияние этих расстояний незначительно. При расстояниях между контурами более 10 диаметров отверстий влияние одного из них на напряженное состояние около другого незначительно и им можно пренебречь. Если отношение полуосей эллипса меньше 10^{-3} , то эллипс можно считать трещиной и для нее вычислять КИНИН. Для пластинки с трещинами закономерности изменения ТЭМУС такие же, как и для пластинок с отверстиями.

Список литературы

1. Калоеров С. А. Потенциальные электромагнитные поля в пьезопластинах при механических, электромагнитных и тепловых воздействиях // Вестник Донец. нац. ун-та. Сер. А: Естеств. науки.– 2016.– № 4.– С. 19–34.
2. Калоеров С. А., Антонов Ю. С. Термоупругое состояние анизотропной пластинки с отверстиями и трещинами при действии линейного потока тепла и температуры на контурах // Теорет. и прикладная механика.– 2005.– Вып. 40.– С. 102–116.
3. Калоеров С. А., Сорочан О. А. Плоская задача термоэлектромагнито-упругости для многосвязных сред // Прикладная механика.– 2009.– Т. 45, № 4.– С. 81–91.
4. Форсайт Дж., Малькольм М., Моулер К. Машинные методы математических вычислений.– М.: Мир, 1980.– 280 с.
5. Калоеров С. А. Определение коэффициентов интенсивности напряжений, индукции и напряженности для многосвязных электроупругих многосвязных сред // Прикладная механика. – 2007. – Т. 43, № 6. – С. 56–62.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Загородняя А.В.

Братчун В.И., д.т.н., проф.

ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет», г. Луганск

housenastya@mail.ru

Увеличение объема строительства автомобильных дорог, а также повышение их качества, надежности и долговечности, снижение необходимых материальных затрат, является в настоящее время важной задачей. На первый план выдвигаются проблемы научно обоснованных комплексных методов расчета автомобильных дорог на прочность и долговечность, позволяющих на основе учета реального состояния материала осуществлять оптимальное проектирование с повышением прочности, надежности и долговечности. В связи с этим в последние годы проводится много исследований напряженно-деформированного состояния [2–7], а также затрагиваются вопросы прочности дорожного покрытия.

В зависимости от дорожных условий, а также от режима движения в процессе движения автомобиля по дороге на дорожную одежду действуют различные силы взаимодействия между колесами автомобиля и дорожной конструкцией.

К ним относятся силы, нормальные к поверхности проезжей части, и силы, касательные к поверхности проезжей части, которые, в свою очередь, подразделяют на силы, направленные вдоль траектории движения колес, или продольные, и силы, направленные перпендикулярно к траектории движения колес, или поперечные [3].

Нормальная сила давления колеса (от веса автомобиля), воздействующая на дорожную одежду, является основной расчетной нагрузкой для ее проектирования и расчета на прочность.

Воздействие автомобиля на дорожную одежду характеризуется нагрузкой, приходящейся на ось, удельным давлением в зоне контакта колеса автомобиля с покрытием, временем приложения нагрузки, частотой ее повторения и динамичностью приложения. Указанные показатели определяют напряженно деформированное состояние, износ, работоспособность и срок службы дорожной одежды [1].

Напряжения, обусловленные действием касательных усилий на покрытие, сравнительно быстро затухают по мере удаления от поверхности в глубину и наиболее опасны в пределах верхних слоев. Поэтому касательные усилия учитывают лишь при оценке прочности и сдвигоустойчивости самого покрытия.

С повышением скорости автомобилей время действия растягивающего напряжения в покрытии сокращается, вместе с этим уменьшаются повреждения от транспортных средств. Однако это происходит только на разных покрытиях. При наличии неровностей возникают разрушения из-за динамического воздействия нагрузки. Горизонтальные (тангенциальные) сжимающие и растягивающие напряжения служат причиной пластических деформаций, а также разрушений в верхних слоях дорожной одежды (сдвигов, волн, наплывов и поперечных трещин по следам наката) [2].

Напряженно-деформированное состояние дорожных одежд зависит от их конструктивных особенностей, структуры, свойств материалов и загрузки дороги, поэтому на сегодня актуальным является наиболее полно изучить закономерности работы дорожных конструкций с учетом реального воздействия движущегося транспорта и на этой основе разработка научно-обоснованных методов расчета, позволяющие существенно повысить надежность проектируемых дорожных одежд.

Список литературы

1. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. Ч. 1. – М.: Транспорт, 1987. - 368 с.
2. Гасанов, Ш.Г. Влияние неровности поверхности упругого основания на напряженно-деформированное состояние дорожного покрытия / Ш.Г. Гасанов // Проблемы машиностроения и автоматизации. — 2008. — № 4, — С. 61–64.
3. Гасанов, Ш.Г. Расчетный метод исследования усталостного разрушения дорожного покрытия / Ш.Г. Гасанов // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. — 2010. — № 2. — С. 14–20.
4. Есипенко, И.А. Оценка надежности нежестких дорожных одежд / И.А. Есипенко, Г.Л. Колмогоров // Вестн. ПНИПУ. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. — 2012. — № 1. — С. 110–118.
5. Тукашев, Ж.Б. Исследование напряженно-деформированного состояния дорожного покрытия / Ж.Б. Тукашев, Л.А. Адилханова // Геология, география и глобальная энергия. — 2010. — № 2(37). — С. 163–165.
6. Черноус, Д.А. Прогнозирование механических характеристик асфальтобетона / Д.А. Черноус, С.В. Шилько, С.Е. Кравченко // Механика машин, механизмов и материалов. — 2011. — № 1. — С. 72–74.
7. Экспериментальное определение трещиностойкости дорожного покрытия / Г.А. Лаврушин [и др.] // Вологдинские чтения. — 2012. — № 80. — С. 40–41.

ДЕЙСТВИЕ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ СИЛ В МНОГОСВЯЗНОЙ АНИЗОТРОПНОЙ ПЛИТЕ

Занько А. И.

Калоеров С. А., д-р физ.-мат. наук, профессор
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
al.zanko@mail.ru, kaloerov@mail.ru

Решена задача для многосвязной плиты под действием сосредоточенных сил во внутренних точках. С использованием методов комплексных потенциалов, разложений функций в ряды Лорана и по полиномам Фабера и обобщенного метода наименьших квадратов рассматриваемая задача сведена к решению системы линейных алгебраических уравнений. Численные исследования проведены для круговой плиты с эллиптическим отверстием.

Несмотря на практическую важность решений задач о действии сосредоточенных поперечных сил на анизотропную плиту с отверстиями, сих пор такие задачи не решены. Наиболее оптимальным при решении таких задач является использование комплексных потенциалов теории изгиба многосвязных анизотропных плит [1, 2] и удовлетворение граничным условиям задачи обобщенным методом наименьших квадратов (ОМНК).

Если во внутренних точках плиты $z_r^0 (x_r^0, y_r^0)$ ($r = \overline{1, \mathcal{R}}$) действуют сосредоточенные силы P_r^0 с моментами $M_{xr}^0 = y_r^0 P_r^0$, $M_{yr}^0 = -x_r^0 P_r^0$ относительно осей координат, то комплексные потенциалы представимы в виде [3, 4]

$$W'_k(z_k) = N_k(z_k) + \sum_{l=0}^{\mathcal{L}} \sum_{n=1}^{\infty} \varphi_{kln} a_{kln}, \quad (3)$$

где

$$N_k(z_k) = (A_{kp}^* z_k + B_{kp}^*) \ln(z_k - z_{kp}) + \sum_{r=1}^{\mathcal{R}} (A_{kr}^0 z_k + B_{kr}^0) \ln(z_k - z_{kr}^0); \quad (4)$$

A_{kp}^* , B_{kp}^* , A_{kr}^0 , B_{kr}^0 – постоянные, определяемые из решения известных систем уравнений [4]; φ_{kln} – функции, определяемые из соответствующих конформных отображений; a_{kln} – неизвестные постоянные. При этом логарифмические слагаемые $(A_{kp}^* z_k + B_{kp}^*) \ln(z_k - z_{kp})$ в комплексных потенциалах присутствуют, если жестко заземлен какой-нибудь контур отверстия L_p и отсутствуют, если жестко заземлен внешний контур L_0 , т. е. при $p = 0$ в (4) нужно принять $A_{k0}^* = B_{k0}^* = 0$.

Граничным условиям будем удовлетворять в дифференциальной форме. Выбирая на контурах плиты набор точек $M_{im}(x_{im}, y_{im})$ ($m = \overline{1, M_i}$) и удовлетворяя граничным условиям в каждой из этих точек, получаем систему уравнений [3, 4]

$$\sum_{k=1}^2 \sum_{l=g}^{\mathcal{L}} \sum_{n=1}^{\infty} \left(g_{kia} \delta_{k,s} \varphi'_{kln} (t_{klm}) a_{kln} + \bar{g}_{kia} \bar{\delta}_{k,s} \overline{\varphi'_{kln}} (\overline{t_{klm}}) \bar{a}_{kln} \right) =$$

$$- \sum_{k=1}^2 \left[g_{kia} \delta_{k,s} N'_k (t_{klm}) + \bar{g}_{kia} \bar{\delta}_{k,s} \overline{N'_k} (\overline{t_{klm}}) \right] + \frac{df_{ia} (t_{im})}{ds} \quad (i = \overline{g, \mathcal{L}}; m = \overline{1, M_l}; \alpha = 1, 2),$$

где $t_{klm} = x_{lm} + \mu_k y_{lm}$, $t_{im} (x_{im}, y_{im})$; g_{kli} и δ_k , $f_{li}(t_{lm})$ – известные постоянные и функции, s – дуга контура. После нахождения псевдорешений последней системы уравнений с использованием сингулярных разложений [5] постоянные a_{kln} , а, следовательно, и функции $W'_k(z_k)$, будут известными и по ним можно вычислять изгибающие моменты в любой точке плиты [3, 4].

Численные исследования были проведены для кругового кольца при наличии только одной сосредоточенной силы P_1^0 в точке $z_1^0 (x_1^0, y_1^0)$. Рассматривались плиты из различных материалов со свободным и жестко заземленным контуром отверстия. Исследованиями установлено, что наибольшая концентрация изгибающих моментов (а следовательно, и соответствующих напряжений) наблюдается вблизи контура отверстия в зоне между контуром отверстия и точкой приложения силы. Если кольцо заземлено по внешнему контуру, то значения моментов в этой зоне резко растут с приближением точки приложения силы к контуру отверстия (за счет близости действия сосредоточенной силы), если же заземлен внутренний контур кольца, то значения моментов около контура отверстия растут с удалением точки приложения силы от контура отверстия (из-за роста момента силы относительно точек контура отверстия). Вблизи внешнего контура и около отверстия в зоне, противоположной точке приложения силы, значения моментов при изменении положения сосредоточенной силы изменяются незначительно. Существенно на значения моментов влияет «степень анизотропии». Чем сильнее анизотропия материала плиты, тем выше уровень концентрации изгибающих моментов на контуре отверстия.

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. – № 3. – С. 97–127.
3. Калоеров, С.А. Изгиб многосвязных анизотропных плит с криволинейными отверстиями / С.А. Калоеров, А.И. Занько // Изв. Саратов. ун-та. Сер. Математика. Механика. Информатика. – 2016. – Т. 16, вып. 4. – С. 456–464.
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.

ИЗГИБ МНОГОСВЯЗНОЙ ПЛИТЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НАГРУЗКИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПО ОСНОВАНИЮ

Занько А. И.

Калоеров С. А., д-р физ.-мат. наук, профессор
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
al.zanko@mail.ru, kaloerov@mail.ru

С использованием методов комплексных потенциалов, разложений функций в ряды Лорана и по полиномам Фабера и обобщенного метода наименьших квадратов рассматриваемая задача об изгибе многосвязной плиты под действием нагрузки по основанию сведена к решению системы линейных алгебраических уравнений. Для круговой плиты с эллиптическим отверстием проведены численные исследования с анализом влияния геометрических характеристик отверстия, материала плиты и способа подкрепления контуров на значения изгибающих моментов.

Несмотря на практическую важность решений задач по изгибу тонких многосвязных плит, до сих пор многие практически важные задачи не решены. К ним относятся и задачи о действии равномерно распределенного давления по основанию. Как известно, наиболее оптимальным при решении таких задач является использование комплексных потенциалов теории изгиба многосвязных анизотропных плит [1, 2] и удовлетворение граничным условиям задачи обобщенным методом наименьших квадратов (ОМНК).

Для случая, когда по верхнему основанию плиты действуют равномерно распределенные усилия $q(x, y)$ при жестком защемлении внешнего контура комплексные потенциалы представлены в виде [4]

$$W'_k(z_k) = N_k(z_k) + \sum_{l=0}^{\mathcal{L}} \sum_{n=1}^{\infty} \varphi_{kln} a_{kln}, \quad (5)$$

где

$$N_k(z_k) = \sum_{l=1}^{\mathcal{L}} (A_{kl} z_k + B_{kl}) \ln(z_k - z_{kl}); \quad (6)$$

A_{kl} , B_{kl} – постоянные, определяемые из решения известных систем уравнений [4]; φ_{kln} – функции, определяемые из соответствующих конформных отображений; a_{kln} – неизвестные постоянные.

Постоянные a_{kln} определим из граничных условий на контурах плиты обобщенным методом наименьших квадратов. В этом случае граничным условиям удобнее удовлетворять в дифференциальной форме. Выбирая на контурах плиты набор точек $M_{im}(x_{im}, y_{im})$ ($m = \overline{1, M_i}$) и удовлетворяя граничным условиям в дифференциальной форме для каждой из этих точек, получаем систему уравнений [4]

$$\begin{aligned} & \sum_{k=1}^2 \sum_{l=g}^{\mathcal{L}} \sum_{n=1}^{\infty} \left(g_{kia} \delta_{k,s} \varphi'_{kln} (t_{klm}) a_{kln} + \bar{g}_{kia} \bar{\delta}_{k,s} \overline{\varphi'_{kln}} (t_{klm}) \bar{a}_{kln} \right) = \\ & = - \sum_{k=1}^2 \left[g_{kia} \delta_{k,s} N'_k (t_{klm}) + \bar{g}_{kia} \bar{\delta}_{k,s} \times \right. \\ & \left. \times \overline{N'_k (t_{klm})} \right] + \frac{df_{i\alpha} (t_{im})}{ds} \left(i = \overline{g, \mathcal{L}}; m = \overline{1, M_l}; \alpha = 1, 2 \right), \end{aligned} \quad (7)$$

где $t_{klm} = x_{lm} + \mu_k y_{lm}$, $t_{im} (x_{im}, y_{im})$; g_{kli} и δ_k , $f_{li}(t_{lm})$ – известные постоянные и функции, s – дуга контура. После нахождения псевдорешений системы уравнений (7) с использованием сингулярных разложений постоянные a_{kln} , \bar{a} , следовательно, и функции $W'_k(z_k)$, будут известными и по ним можно вычислять изгибающие моменты в любой точке плиты [4].

Численные исследования были проведены для кругового диска с внешним контуром L_0 радиуса a_0 с эллиптическим отверстием L_1 с полуосями a_1 , b_1 при действии равномерно распределенных усилий $q(x, y)$ по верхнему основанию плиты. При увеличении отношения a_1/a_0 значения моментов по модулю убывают. При уменьшении отношения полуосей b_1/a_1 эллипса L_1 значения моментов M_s вблизи конца большой полуоси возрастают и стремятся к бесконечности, а вблизи малой полуоси изменяются незначительно. При $b_1/a_1 < 10^{-3}$ отверстие можно считать трещиной и считать для ее концов КИМ k_{1M}^{\pm} [3] (для рассматриваемого случая $k_{2M}^{\pm} = 0$). С приближением трещины к внешнему контуру значения КИМ убывают, что связано с приближением к жестко заземленному внешнему контуру. Существенно на значения моментов влияет «степень анизотропии». Чем сильнее анизотропия материала плиты, тем выше уровень концентрации изгибающих моментов на контуре отверстия.

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. – № 3. – С. 97–127.
3. Калоеров С. А. Определение коэффициентов интенсивности напряжений, индукции и напряженности для многосвязных электроупругих анизотропных сред / С.А. Калоеров // Прикладная механика.– 2007. – Т. 43, № 6. – С. 56–62.
4. Калоеров, С. А. Решения задач об изгибе тонких плит для канонических областей / С. А. Калоеров, А. И. Занько, А. А. Кошкин // Теорет. и прикладная механика. – 2014. – Вып. 55. – С. 99–138.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В ТОНКОСТЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИЙ*Кареев К.С.,**Гольцев А.С.,* д-р физ.-мат. наук, профессор

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

a.s.goltsev@mail.ru

Существенный вклад в развитие теории пластин и оболочек внесли российские учёные. Достаточно упомянуть таких выдающихся учёных, как В. З. Власов, А. И. Лурье, В. В. Новожилов, А. Л. Гольденвейзер, К. Ф. Черных, имена которых известны широкой научной общественности. В Донецком национальном университете интенсивно развивают это направление механики деформированного твёрдого тела. При этом упор делается на исследование локальных полей возмущённых состояний, обусловленных сосредоточенными и локальными нагрузками, а также дефектами и включениями.

В данной работе описана методика определения термоупругого состояния тонких изотропных пластин, подверженных воздействию сосредоточенного “плоского” источника тепла, вызывающего лишь плоское термоупругое состояние.

Рассмотрим тонкую изотропную пластинку толщиной $2h$, находящуюся в тепловом контакте с внешней средой. Конвективный теплообмен осуществляется через лицевые поверхности пластинки по закону Ньютона. Температура внешней среды принимается равной нулю.

Пластина находится под действием сосредоточенного “плоского” источника тепла, источника средней температуры. Это интегральный источник тепла, который создаётся источниками тепла объёмной плотности $W_0(x, y, z)$ распределёнными по одной линии толщиной координаты z . Ограничимся рассмотрением постоянного распределения объёмных источников тепла по толщинной координате. В этом случае в пластинке возникает лишь плоское термоупругое состояние.

Будем считать, что край пластинки находится на значительном удалении от места приложения температурной нагрузки. Поскольку рассматривается локальное термоупругое состояние, вызванное сосредоточенными источниками тепла, будем полагать, что компоненты термоупругого состояния затухают при приближении к краям пластинки. Поэтому пластинку можно считать бесконечной и не учитывать граничные условия при решении задачи.

В безразмерной системе координат x_i ($i = \overline{1,3}$), определённой с точностью до величины h , уравнение теплопроводности для случая плоской задачи

термоупругости изотропных пластин при симметричном теплообмене имеет вид [1]

$$DT_1 - m_1 T_1 = -W_1, \quad T_1(x_1, x_2) = \frac{1}{2h} \int_{-1}^1 T(x_1, x_2, x_3) dx_3, \quad (1)$$

$$D = \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2}, \quad m_1 = Bi, \quad W_1(x_1, x_2) = \frac{1}{2l} \int_{-1}^1 W_0(x_1, x_2, x_3) dx_3,$$

где T_1 – интегральная характеристика температуры T (средняя температура), l – коэффициент теплопроводности, Bi – критерий Био на поверхностях $x_3 = \pm 1$. Функция $W_1(x_1, x_2)$ определяет плотность распределения “плоских” источников тепла, источников средней температуры.

Уравнение термоупругости записывается следующим образом [1]:

$$\Delta \Delta \varphi = -2\alpha \Delta T_1. \quad (2)$$

Здесь φ – функция напряжений Эйри; α – температурный коэффициент линейного расширения.

Действие сосредоточенного “плоского” источника тепла моделируется с помощью дельта-функции Дирака, стоящей в правой части уравнения теплопроводности: $W_1(x_1, x_2) = W_1^* \delta(x_1, x_2)$, где $\delta(x_1, x_2)$ – двумерная дельта-функция Дирака; W_1^* – мощность “плоского” источника тепла.

Применяя к уравнениям (1), (2) двумерное интегральное преобразование Фурье, находим трансформанты термоупругих усилий. Осуществляя методику обращения, находим для искомых нормального (N) и касательного (S) усилий следующие выражения в полярной системе координат (r, φ):

$$N_r(r, \varphi) = \frac{-W_1^* \alpha}{2p} \{G_{0,0}(cr) - G_{1,1}(cr)\} = \frac{W_1^* \alpha}{2p} G_{1,0}(cr);$$

$$N_\varphi(r, \varphi) = \frac{-W_1^* \alpha}{2p} \{G_{0,0}(cr) + G_{1,1}(cr)\}; S_{r\varphi} = 0; \quad c = \sqrt{M_1}.$$

Здесь $G_{n,\nu}(z)$ – специальная функция, разработанная для осуществления обращения трансформант Фурье [2]. По своим свойствам она схожа с функцией Макдональда.

Проведённые численные исследования показали, что полученное решение полностью отвечает физическому смыслу задачи.

Список литературы

1. Подстригач Я.С., Коляно Ю.М. Неустановившиеся температурные поля и напряжения в тонких пластинках. – К.: Наук. думка, 1972. – 308 с.
2. Хижняк В.К., Шевченко В.П. Смешанные задачи теории пластин и оболочек: учеб. пособие. – Донецк: Из-во Донецк. ун-та, 1980. – 127 с.

АНАЛИЗ МОДЕЛИ АНИЗОТРОПНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАДИЕНТНОГО ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО ЭКРАНА С ЖИДКОСТНОЙ ПРОСЛОЙКОЙ

*Парамонов К.А.,
Сторожев В.И.*, д-р техн. наук, профессор,
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
stvistvi@mail.ru

Проблемы теоретического моделирования, конструирования и технологических расчетов гидроакустических покрытий и элементов систем гидроакустического экранирования по широкому кругу аспектов эффективно исследованы в работах ряда известных российских специалистов, представляющих научные школы Санкт-Петербурга, Москвы, Нижнего Новгорода и ряда других ведущих научных центров РФ [1–5]. Представленные в этих работах направления перспективны для дальнейшего развития и обобщения, в том числе связанного с возможностями использования в конструкциях гидроакустических экранов низкосимметричных анизотропных функционально-градиентных материалов [6–7]. Ввиду значительного опыта исследований в области волновой механики анизотропных сред, осуществлявшихся в течение ряда десятилетий учеными-механиками Донецкого национального университета, проблемы синтеза многослойных конструкций гидроакустических экранов из материалов с усложненными физико-механическими свойствами являются на сегодняшний день одним из направлений фундаментальных и прикладных научных разработок в вузе.

В настоящей работе в контексте охарактеризованной проблемы представлена разработка численно-аналитического алгоритма построения решения задачи о распространении упругой волны в толщинном направлении трехслойной деформируемой структуры, образуемой двумя неоднородными анизотропными деформируемыми слоями с механической симметрией триклинной системы, представляющими собой сложные срезы трансверсально-изотропных функционально-градиентных материалов, и содержащегося между ними слоя идеальной слабо сжимаемой жидкости. Физико-механические характеристики слоев рассчитываются при задании модулей упругости исходных неоднородных анизотропных материалов, а также углов Эйлера, определяющих ориентацию граней срезов по отношению к положениям осей изотропии материалов.

Рассматриваемая трехслойная конструкция извне контактирует с полупространствами, заполненными идеальной слабосжимаемой жидкостью. Исследуемые волны в низкосимметричном анизотропном слое, представляющие собой трехпарциальные упругие волны с варьируемыми

соотношениями величин продольных и поперечных колебательных перемещений, возбуждаются гидроакустическим давлением в одном из контактирующих с экраном жидкостных полупространств.

Искомое представление комплексной функции напряженности трехпарциальной упругой волны определяется из краевой задачи, включающей системы дифференциальных уравнений волнового деформирования для анизотропных сред рассматриваемого класса механической симметрии, уравнения волновой механики идеальной слабо сжимаемой жидкости для полупространств и прослойки между слоями, а также граничные условия контакта граней внешних граней слоев с жидкостными полупространствами и контакта внутренних граней слоев с жидкостной прослойкой. В процессе решения с применением метода Эйлера интегрируются системы трех обыкновенных дифференциальных уравнений относительно амплитудных функций исследуемых волновых движений для твердых слоев и содержащиеся в получаемых представлениях неопределенные коэффициенты, а также коэффициенты в амплитудных функциях давлений для волн в жидких средах определяются из системы линейных алгебраических уравнений, порождаемых краевыми условиями рассматриваемой задачи.

Полученное решение исследовано в контексте определения толщин и углов оптимальной ориентации граней срезов, а также характеристик жидкостной прослойки, обеспечивающих требования минимизации гидроакустического давления для волны в жидкостном полупространстве за поглощающим экраном, либо максимизации гидроакустического давления для волны в жидкостном полупространстве за звукопрозрачным экраном.

Список литературы

1. Глазанов В.Е. Экранирование гидроакустических антенн. – Л.: Судостроение, 1986. – 148 с.
2. Глазанов В.Е., Михайлов А.В. Экранирование гидроакустических преобразователей. – СПб.: Элмор, 2004. – 246 с.
3. Глазанов В.Е. Акустические экраны для подводных преобразователей и антенн. Теория и расчет. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2013. – 175 с.
4. Корякин Ю.А., Смирнов С.А., Яковлев Г.В. Корабельная гидроакустическая техника: состояние и актуальные проблемы. – СПб: Наука, 2004. – 410 с.
5. Смаришев М.Д. Элементы теории направленности гидроакустических антенн. – СПб: СПб ГЭТУ «ЛЭТИ», 2004. – 143 с.
6. Birman V., Byrd L.W. Modeling and Analysis of Functionally Graded Materials and Structures // Appl. Mech. Rev. – 2007. – Vol. 60, N 5. – P. 195 - 216.
7. FGM: Design, processing and applications / Y. Miyamoto, W.A. Kaysser, B.H. Rabin et al. – Dordrecht: Kluwer Academic, 1999. – 434 p.

НЕЛИНЕЙНОЕ АНГАРМОНИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НОРМАЛЬНЫХ КРУТИЛЬНЫХ ВОЛН ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МОД ДИСПЕРСИОННОГО СПЕКТРА ТРАНСВЕРСАЛЬНО- ИЗОТРОПНОГО ЦИЛИНДРА

Сидаш О.Ю.,

Сторожев В.И., д-р техн. наук, профессор

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

stvistvi@mail.ru

Исследование модели нелинейного взаимодействия нормальных волн деформаций в цилиндрических упругих волноводах в рамках концепции генерирования нелинейных ангармонических возмущений остается проблемой, связанной с кругом важных актуальных приложений в акустоэлектронике и ультразвуковой дефектоскопии, открытой по весьма обширному кругу аспектов. У истоков ее исследования стояли исследования общей концепции ангармонических эффектов, принадлежащие видным ученым ряда российских научных школ, в том числе Л.Д. Ландау, Р.В. Хохлова, Л.К. Зарембо, В.А. Красильникова и ряда других. Применительно к проблеме нелинейных ангармонических эффектов для упругих волн в анизотропных волноводах пространственной геометрии данная проблема интенсивно исследуется учеными Донецкого национального университета. При ее анализе для волноводов цилиндрической геометрии ранее затрагивались вопросы нелинейного ангармонического взаимодействия принадлежащих одной моде осесимметричных нормальных упругих волн крутильного и продольно-сдвигового типа в изотропных цилиндрах с краевыми условиями отсутствия напряжений, жесткого закрепления либо наличия гибкого нерастяжимого покрытия на боковой поверхности цилиндра.

В представляемом исследовании проблема описания характеристик нелинейного ангармонического взаимодействия осесимметричных нормальных волн деформаций рассматривается применительно к случаю одновременного распространения пар нормальных волн крутильного типа с различными частотами и относительными длинами из различных мод дисперсионного спектра волн кручения вдоль протяженного трансверсально-изотропного цилиндра кругового поперечного сечения со свободной либо жестко закрепленной боковой поверхностью. Описываемые решения получены в рамках модели геометрически и физически-нелинейного динамического деформирования трансверсально-изотропного упругого тела, которая базируется на представлении упругого потенциала с квадратичными и кубическими членами по конечным деформациям. Коэффициенты в представлении потенциала для материалов рассматриваемого класса

выражаются через пять независимых упругих постоянных второго порядка и десять независимых упругих постоянных третьего порядка.

В применяемой численно-аналитической методике использована концепция приближенного описания характеристик динамического напряженно-деформированного состояния рассматриваемого анизотропного упругого тела двумя низшими членами разложения по малому параметру в виде отношения максимальной амплитуды исследуемых волн к радиусу волновода и последующего сведения задачи поиска малых нелинейных ангармонических возмущений к рекуррентной последовательности краевых задач первого (линейного) и второго (нелинейного) приближения. По структуре искомое решение задачи второго приближения представлено в виде суммы составляющих, соответственно описывающих нелинейные ангармонические возмущения для каждой отдельно взятой из пары взаимодействующих крутильных волн, интерпретируемых как монохроматические, и составляющей, классифицируемой как комбинационная вторая гармоника, непосредственно описывающая эффект нелинейного взаимодействия. При этом каждая из вторых гармоник для рассматриваемой пары нормальных волн кручения представляет собой упругую волну продольно-сдвигового типа.

Для характеристик искомого решения с использованием аппарата компьютерной алгебры получены представления нелинейных комбинационных вторых гармоник продольно-сдвигового типа для пар взаимодействующих нормальных волн кручения, имеющие форму равномерно сходящихся степенных рядов по радиальной координате. Коэффициенты данных рядов определяются полученных в процессе построения решения рекуррентных соотношений. С использованием полученных в аналитической форме представлений для волновых перемещений, динамических напряжений и плотностей среднего за период потока мощности в нелинейных вторых гармониках осуществлен численный анализ зависимостей кинематических и энергетических характеристик для представляющих степень нелинейного взаимодействия комбинационных вторых гармоник от факторов относительных длин и номеров мод линейных нормальных волн кручения, а также от рассматриваемого типа краевых условий на поверхности цилиндра. В рамках исследования рассмотрены также случаи отдельного учета в анализируемой модели факторов геометрической нелинейности на основе перехода к представлениям малых деформаций, а также физической нелинейности при выборе квадратичного представления для упругого потенциала рассматриваемого материала цилиндра. Выполнены сопоставления показателей ангармонического взаимодействия для каждого из трех рассмотренных вариантов моделей нелинейного динамического деформирования. Дана характеристика прикладного использования полученных теоретических результатов при проектировании нелинейных акустоэлектронных устройств.

НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗБРОСА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛАСТИНАХ С ЭЛЛИПТИЧЕСКИМИ ОТВЕРСТИЯМИ

Сторожев С.В.

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка
stvistvi@mail.ru

Нечетко-множественное моделирование принадлежит к числу направлений прикладных математических исследований, развитие которых в ряде академических и вузовских научных школ Российской Федерации дало толчок к синтезу отдельных новых областей применения данных методологий в работах ученых Донецкого региона. К числу этих применений относится развитие и реализация нечетко-множественных приемов учета неопределенности в значениях экзогенных параметров моделей механики деформируемого твердого тела. Данная проблематика в целом имеет широкий ряд аспектов, касающихся, в частности, описания нечетких количественных характеристик процессов упругого статического и динамического деформирования изотропных и анизотропных упругих тел и элементов конструкций, горных массивов и подземных горно-шахтных сооружений в рамках двумерных и пространственных моделей.

В качестве одной из весьма актуальных в теоретическом и прикладном отношении к их ряду принадлежит проблема анализа нечеткости показателей концентрации двумерных полей механических напряжений около полостей и отверстий в упругих телах, геомассивах и элементах конструкций в контексте эффективного учета влияния факторов неопределенности данных о геометрической форме концентраторов и о физико-механических свойствах рассматриваемых конструкционных либо горных материалов. В настоящее время подобный анализ с различной мерой полноты может быть альтернативно выполнен путем применения подходов, базирующихся на методах вероятностного стохастического анализа, либо на методах теории нечетких множеств. При этом использование методов нечетко-множественного математического моделирования предполагают менее жесткие требования к исходной информации экспериментально-статистического и экспертного характера.

Представляемые методики разработаны с целью получения нечетких оценок для имеющих разброс показателей концентрации механических напряжений у границы эллиптического отверстия в растягиваемых изотропных и ортотропных тонких пластинах. Неопределенность в описании формы отверстия связана с нечеткостью в задании его эксцентриситета –

разбросом в соотношении длин полуосей эллиптического контура. Неопределенность в значениях упругих постоянных изотропного либо ортотропного материала пластины связана с приборными погрешностями их экспериментальных замеров, технологическими особенностями процессов изготовления соответствующих материалов.

В случае учета нечеткости геометрии концентратора при точных контрастных значениях физико-механических постоянных реализуемый анализ базируется на представлении неопределенного экзогенного параметра рассматриваемой модели в виде показателя эксцентриситета эллиптического контура отверстия нечетким трапецеидальным интервалом и на последующем применении эвристического принципа обобщения к классическим четким аналитическим представлениям для напряжений в точках контура отверстия в равномерно растягиваемых тонких изотропных и ортотропных пластинах. Расширяемые на область нечетких аргументов функциональные представления для контурных напряжений в удобной для реализации принципа обобщения аналитической форме соответственно получены для изотропных и анизотропных пластин с применением методов теории функций классических и обобщенных комплексных переменных. Принцип обобщения для получения искомого нечетко-множественного описания эндогенного показателя концентрации напряжений применяется в форме, использующей представление нечетко-интервального экзогенного параметра эксцентриситета суперпозицией по множествам альфа-уровня (альфа-срезах), и соответственно эндогенная характеристика на основании разработанного алгоритма решения формируется в аналогичном виде. Применяется модифицированный алгоритм принципа обобщения, предполагающий возможность получения аналитического представления для производных рассматриваемой функции по соответствующим аргументам. Представлены и проанализированы результаты численной реализации описываемого теоретического алгоритма решения проблемы при задании ряда вариантов исходных характеристик разброса в значениях параметра эксцентриситета контура эллиптического отверстия.

Случай учета факторов неопределенности в значениях параметров экспериментально определяемых упругих постоянных материала пластины также исследуется на основе применения алфа-уровневой формы эвристического принципа обобщения для перехода к упругим постоянным, описываемым в модели нечеткими трапецеидальными интервалами.

Представленная методика эффективно обобщена на случай анализа аналогичных проблем применительно к объектам в виде изотропных либо анизотропных упругих геомассивов с туннельными цилиндрическими полостями-выработками эллиптических сечений, находящимися в условиях плоской деформации, и может применяться для оценок напряженного состояния разрабатываемых горных массивов с выработками.

МОДИФИЦИРОВАННАЯ ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА АНАЛИЗА РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГОЙ ВОЛНЫ СДВИГА ПО ЗВЕНУ МЕАНДРОВОГО ВОЛНОВОДА

Телевной А.С.,
Сторожев В.И., д-р техн. наук, профессор
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
stvistvi@mail.ru

Успешное развитие сферы микроэлектроники в значительной степени связано с совершенствованием методологий расчёта современных компонентов акустоэлектронных устройств, к числу которых относятся и меандровые (змеевидные) акустоэлектронные линии задержки волновых сигналов. Исследования, связанные с разработкой таких методологий, успешно реализуются целым рядом научных и проектно-конструкторских коллективов Российской Федерации на основе применения универсальных численных методов и конечно-элементного подхода. Вместе с тем, остаются актуальными задания, связанные с развитием и совершенствованием численно-аналитических методов анализа процессов прохождения упругих волн по волноводам меандровой геометрии, позволяющих, с одной стороны, верифицировать результаты прямого численного анализа, а с другой – использовать в проектировании описываемые решениями выраженные закономерности для характеристик исследуемых процессов.

Опыт многолетних научных разработок по проблемам волноводного распространения сигналов в работах ученых Донецкого национального университета, наряду с вышеприведенными соображениями явился стимулом для осуществления представляемых исследований. В рамках этих исследований предложен численно-аналитический алгоритм построения решения задачи о прохождении монохроматической упругой волны сдвига по звену меандрового волновода в виде изогнутого слоя, продольное сечение которого представляет собой суперпозицию двух полуполос и состыкованного с ними кольцевого сектора полукруговой угловой меры.

Представленный вариант теоретического численно-аналитического решения базируется на концепции метода частичных областей, в рамках которого волновые поля в выделяемых фрагментах сечения в виде полуполос и кольцевого сектора соответственно представляются суперпозициями (рядами) по соответствующим множествам бегущих и краевых стоячих нормальных волн с произвольными подлежащими определению весовыми коэффициентами.

Искомые коэффициенты данных представлений определяются в процессе формирования и решения системы функциональных уравнений, являющихся следствиями из краевых условий идеального механического

контакта выделенных фрагментов участка волновода и подлежащих в ходе реализации представляемой методики алгебраизации на базе возможного применения серии апробированных методов.

Первой особенностью предлагаемой модифицированной методики решения рассматриваемой задачи распространения упругой сдвиговой волны по составному волноводу с усложненным геометрическим строением является одновременное комплексное применение нескольких разнотипных приемов для алгебраизации функциональных уравнений, порождаемых условиями идеального механического контакта выделенных частичных подобластей сечения.

Второй применяемый прием заключается во включении в формируемую систему алгебраических уравнений в качестве отдельных уравнений нелинейных энергетических соотношений, характеризующих балансы средних за период потоков мощности в волновых полях для фрагментов волновода, то есть в энергетических потоках, переносимых через контактные поверхности стыкуемых фрагментов.

Предложена алгоритмическая схема решения получаемой с применением описанной методологии системы алгебраических уравнений, включающей линейные и нелинейные соотношения.

В качестве реализованного варианта описываемого подхода при получении системы алгебраических уравнений порядка n из функциональных граничных условий идеального механического контакта выделенных фрагментов волновода рассмотрено применение метода коллокаций для получения k уравнений системы и метода наименьших квадратов для получения p уравнений системы с добавлением в систему двух нелинейных уравнений энергетического баланса потоков мощности для обеих контактных поверхностей стыкуемых фрагментов волновода и соблюдением условия $k+p+2=n$.

Для компьютерной реализации подхода разработано специализированное программное приложение.

Исследован вопрос о возможности достижения минимизированной погрешности удовлетворения функциональных граничных условий при варьировании общего показателя порядка формируемой алгебраической системы n , количественных пропорций между показателями k и p , а также варьировании способов выбора точек коллокации и версий записываемых условий минимизации квадратичной невязки условий механического контакта частичных областей.

Сформирована программа численных исследований особенностей рассматриваемого волнового процесса, включающая анализ влияния относительной длины гармонического волнового сигнала и вариацию механических свойств волновода.

УДК 005.34

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТАМОЖЕННОЙ СЛУЖБЫ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Боровец И.Е.,

Андриенко В.Н., д-р экон. наук, профессор

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

В условиях расширения глобализации перед таможенными органами большинства стран и международной таможенной системой, изменившейся как геополитически, так и экономически, встала сложнейшая задача – содействовать осуществлению мировой торговли при условии минимальных затрат для экономики страны, а также способствовать защите национальных рынков от незаконного перемещения товаров через границу. В связи с этим от каждой национальной таможенной службы ближайшего будущего требуется информационная прозрачность и предсказуемость условий ее работы.

Основопологающие направления развития таможенной службы в XXI в.: максимальное внедрение новых таможенных технологий; использование автоматизированных систем и электронных средств передачи информации; овладение технологиями управления рисками, включая их оценку и выборочный контроль [1].

Задачи по выведению таможенного администрирования на качественно новый уровень: внедрение современных таможенных технологий на основе информатизации и компьютеризации, а также автоматизированных систем управления; создание единого коммуникационного пространства на всей таможенной территории; совершенствование структуры таможенных органов и процессов управления, а также расширение объемов инфраструктуры; повышение эффективности контроля за внешнеторговыми операциями, включая борьбу с коррупцией и недостоверным декларированием грузов, пресечение экономических преступлений, снижающих уровень безопасности страны; совершенствование нормативно-правовой базы в таможенной сфере за счет сокращения числа административных документов и упрощения их содержания [2].

В связи с этим в рамках ведомства планируется создание специализированной комплексной системы информационно-аналитического обеспечения. Ее основой станет Единая база данных справочных цен на товары и услуги с соответствующим программным обеспечением, которая будет служить основным источником информации, используемой в автоматическом режиме инспекторов таможенных постов.

Рост Интернет-ресурсов и сферы их применения, а также активное использование электронного документооборота и Интранет-сетей в деятельности участников внешнеэкономической деятельности является одним из инструментов, позволяющих участникам ВЭД активизировать деловые контакты с партнерами по бизнесу, существенно оптимизировать взаимоотношения с ними. Своевременность и оперативность обновления информации на сайте организации обеспечивает ее узнаваемость и известность в бизнес-среде, формирует её положительный имидж в деловых кругах в государства и за рубежом[3].

Целесообразно создать официальный сайт Департамента таможенного дела, который будет содействовать информационной открытости таможенной службы.

На рис. 1 представлена структура сайта Департамента таможенного дела.

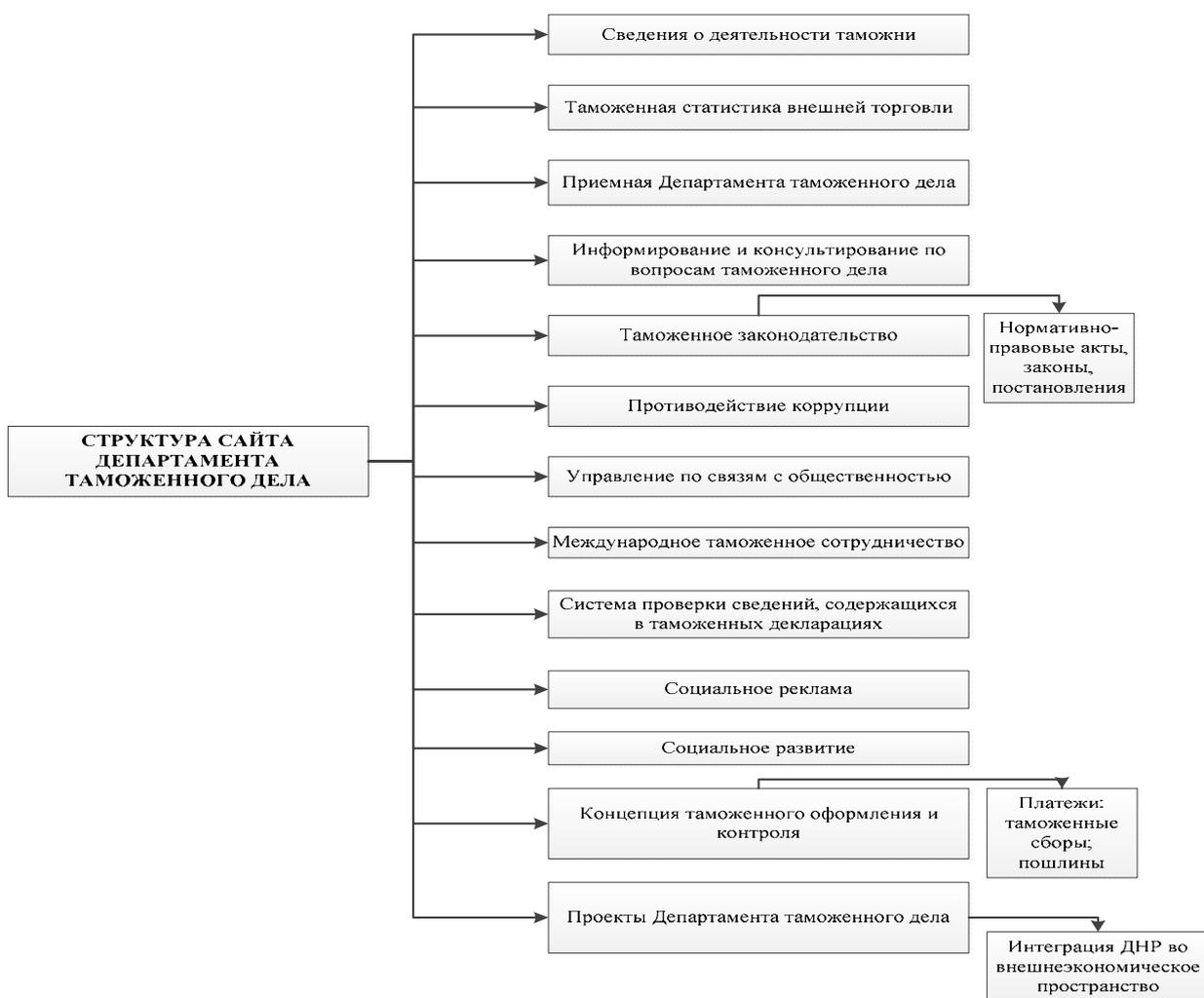


Рис. 1. Структура сайта Департамента таможенного дела

На официальном интернет-сайте Департамента таможенного дела ДНР следует представить закрытый перечень информации о деятельности таможни, доступ к которой ограничен законодательством, с указанием реквизитов нормативных правовых актов, в соответствии с которыми это

ограничение установлено, и указать все возможные случаи отказа Департамента в предоставлении заявителю информации, доступ к которой ограничен законами.

Важным элементом наполнения интернет-сайта будет выступать система электронного декларирования, которая предоставит доступ для участников ВЭД. Внедрение системы электронного декларирования значительно упрощает таможенные процедуры, позволяя сэкономить время участников ВЭД и снижает риски влияния различных субъективных факторов на процесс таможенного декларирования [4].

Рассмотренная структура официального сайта Департамента таможенного дела будет содействовать информационной открытости таможенной службы, способствовать развитию информатизации таможенных органов, исполнению информационных потребностей участников ВЭД.

Список литературы

1. Официальный сайт Министерства Доходов и Сборов Донецкой Народной Республики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mdsdnr.ru/>
2. Донецкая Народная Республика. Конституция. [Текст] : (по состоянию на 09.12.2015). – Донецк :Мегаинвест, 2016. – 35 с. – (Сборник законодательных актов Донецкой Народной Республики).
3. Зведре Е.К. Глобальная система таможенного контроля и международный кодекс поведения // Таможня. – 2014. – № 7. – С. 18-25.
4. Дьяконов И.М. Основы управления и организации в таможенном деле. – М.: 2013. – 375 с.

УДК 005.34

РОЛЬ И ЗНАЧИМОСТЬ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНАЛЬНЫХ СУБЪЕКТОВ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

*Величанский В.А.,
Андрюенко В.Н., д-р экон. наук, профессор
ГОУ ВПО “Донецкий национальный университет”, г. Донецк
velichanskiy.v@yandex.ru*

Рыночные экономические условия требуют постоянного совершенствования управленческой деятельности субъектов хозяйствования. Это связано с глобализацией бизнеса, ростом информации, усиленной конкурентной борьбой, а также нестабильностью экономической и политической обстановки. В этих условиях повышается роль и значимость управленческой информации сосредоточенной в документах субъектов хозяйствования.

Функционирование субъектов хозяйствования в информационном обществе связано со смещением акцентов в значимости информации и определением ее главенствующей роли в экономическом развитии. В условиях обостряющейся конкурентной борьбы успех сопутствует субъектам хозяйствования, которые наиболее эффективно реагируют на изменения ведения бизнеса в информационном обществе. Основными особенностями изменений являются смена понятий «массовый потребитель» на «индивидуальный заказчик», повышение объемов потребления и производства продукции, уменьшение жизненного цикла товаров, а также повышение требований к их качеству и инновационности [2]. В этой среде особо проявляется необходимость эффективного функционирования систем управления субъектами хозяйствования и встраиванием в них систем электронного документооборота, с переходом от функционального менеджмента на менеджмент бизнес-процессов.

Перспективы субъектов хозяйствования Донецкой народной республики по внедрению систем электронного документооборота усложняются необходимостью привлечения инвестиций для восстановления информационных инфраструктур разрушенных войной, а также они ставят задачи подготовки специалистов в области делопроизводства, архивоведения и информационной деятельности. Их профессиональные компетенции должны включать знание современных научно-технических, технологических факторов и перспектив развития мировой цивилизации, владение основами инновационного пути развития общества, которое основывается на применении принципиально новых прогрессивных технологий во всех сферах деятельности [1]. В современном обществе поиск, обработка и хранение информации требует значительных финансовых, трудовых, временных и материальных затрат, существенное сокращение которых возможно за счет профессиональной информационной деятельности [3].

Специалисты-документоведы способны провести анализ структуры информационных потоков внутри субъектов хозяйствования, выявить недостатки в организации документооборота, а также предложить концепцию его усовершенствования на основе современных информационных технологий. Постановка задач проектирования, эксплуатации, совершенствования автоматизированных информационных систем и систем управления требует фундаментальных знаний и практических навыков в менеджменте, организационном проектировании, юридической науке, теории информационных систем и др. В связи с этим, предъявляются высокие требования к квалификации документоведов, подготовка которых, осуществляется ведущими ВУЗами России и Донбасса.

В результате политического, экономического, социального перестроения, документационное обеспечение субъектов хозяйствования Донбасса требует изменений с ориентацией на новые стандарты деятельности. Основой решения поставленных задач стала возможность обмена научным опытом между ВУЗами Донбасса и России. Устоявшиеся

взаимоотношения научных школ, которые функционируют в схожих социально-экономических и культурных условиях, позволили выделить ряд вопросов, которые требовали оперативного решения на общих международных научно-практических конференциях, инициатором проведения которых стал Донецкий национальный университет.

В VI международной научно-практической конференции, которая проходила в Донецком национальном университете, приняли участие ведущие ученые, преподаватели и практики из Южного федерального университета, Орловского государственного университета, Донского государственного технического университета, а также Луганского национального университета имени Т.Г. Шевченко. Целью конференции стало обсуждение проблем разработки и применения инновационных решений на базе компьютерных технологий и систем в области документооборота и архивоведения [4]. Итогом конференции стало предложение рекомендаций по усовершенствованию работы с документационным обеспечением субъектов хозяйствования Донбасса.

При обновлении образовательных программ специальности «Документоведение и архивоведение» в Донецком национальном университете использовался опыт и конкретные ВУЗов России. Итогом успешного перехода на новые образовательные программы стало проведение международной олимпиады по направлению подготовки «Документоведение и архивоведение». В олимпиаде приняли участие 75 студентов из Орловского государственного института культуры, Кубанского государственного университета, Краснодарского государственного института культуры, Донского государственного технического университета, Луганского национального университета им. Т.Г. Шевченко, а также Донецкого национального университета [5].

Связь ВУЗов Донбасса с ведущими ВУЗами России позволила предложить варианты решения основных проблем в области документационного обеспечения управления субъектов хозяйствования Донбасса, что в последствии скажется на экономическом развитии региона в ближайшей перспективе. Подготовка профессиональных документоведов окажет влияние на сферу инновационных изменений в выполнении деловых процессов с использованием новейших информационных технологий на предприятиях Донбасса.

Список литературы

1. Андриенко В.Н. Модели реинжиниринга систем управления. - Донецк: ДонНУ, 2001. – 255 с.
2. Виханский О.С. Менеджмент / О.С. Виханский, А.И. Наумов. – М.: Гардарика, 2008.
3. Чубова Е. П., Былкова С.В. Современное состояние подготовки специалистов документоведов: опыт технического ВУЗа [Текст]// Материалы Международной научно-практической конференции для работников науки и образования (Missouri, USA 1 марта, 2016 г.).–Missouri, USA: «ScienceandInnovationCenterPublishingHouse», 2016.– С. 77-80.

4. Официальный сайт Донецкого национального университета [эл.ресурс].–URL.: <http://news.donnu.ru/2017/02/02/donnu-priglasheet-prinyat-uchastie-v-vi-mezhdunarodnoj-nauchno-prakticheskoy-konferentsii/> Дата обращения: 23.09.2017
5. Официальный сайт Донецкого национального университета [эл.ресурс].–URL.: <http://news.donnu.ru/2017/02/27/na-fmit-proshla-mezhdunarodnaya-olimpiada-po-dokumentovedeniyu-i-arhivovedeniyu/> Дата обращения: 23.09.2017

УДК 338.45:004

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Митрохина Е.А., канд. экон. наук
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
mitrohinalena@mail.ru

На сегодняшний день нелегко найти предприятие, которое бы не использовало информационные системы (ИС) в своей деятельности. Как и любой проект, их внедрение и использование должно быть эффективным, что обуславливает особую актуальность оценки этого процесса. Однако в ходе проведения анализа эффективности, у большинства предприятий возникают трудности в определении результата влияния внедряемой ИС на существующий бизнес, а также оценки необходимого количества ресурсов для внедрения и использования корпоративных информационных технологий.

Отсутствие конкретных показателей эффективности ИС в большинстве случаев определяет внутренние противоречия при составлении и анализе исполнения бюджета предприятия, особенно, когда значительно превышены плановые расходы на информационные технологии. Все это обуславливает необходимость определения сущности эффективности использования ИС, ее расчета и оценки.

Прежде всего остановимся на трактовке понятия «эффективность». Данное понятие является достаточно универсальным, поэтому необходимо выделить наиболее приемлемую трактовку применительно к выбранной проблематике исследования. Такой трактовкой является следующее определение: «эффективность – это относительный эффект (результативность) процесса, определяемый как отношение эффекта (результата) к затратам, обусловившим (обеспечившим) его получение» [1].

Оценка эффективности ИС сводится к расчету специальных показателей эффективности. Однако при получении наиболее объективных из них, предприятие столкнется с большим количеством проблем, которые связаны с многообразием и сложностью отношений между информационными технологиями и бизнесом.

Остановимся на основных подходах к оценке эффективности использования ИС. Большинство подходов среди показателей эффективности выделяют только затраты и наиболее явные прямые результаты, оставляя без внимания другие весомые элементы, среди которых, например, сокращение величины делового риска, повышение уровня управляемости предприятия, открытие новых перспектив и возможностей, гибкость бизнес-процессов и другие. Кроме этого, присутствуют сложности, связанные с расчетами прямых затрат и результатов. Так, например, в результате оценки ИС может иметь большой объем скрытых затрат, что привнесет в деятельность предприятия дополнительные издержки, наложит ограничения деятельности и другое. Это вынуждает предприятие осуществлять более детальный просчет и анализ затрат. Что касается результатов, то на практике существует проблема, связанная с отсутствием сравнительной характеристики полученных стратегических результатов в процессе оценки степени их влияния на показатели деятельности предприятия.

Проанализировав традиционные подходы к оценке эффективности ИС, а также деятельность отдельных предприятий, следует отметить, что наиболее весомыми параметрами для большинства из них являются финансовые показатели.

Следует также отметить, что универсальной методики оценки эффективности ИС не существует, так как в каждой конкретной ситуации в зависимости от обстоятельств должны применяться различные подходы. Однако можно выделить группы ИС, классифицированные по признаку их необходимости для бизнес-процессов предприятия (рис. 1). Для каждой из перечисленных групп определим наиболее подходящий подход к оценке эффективности ИС. Кроме того, отметим, что отнесение каждой конкретной ИС к той или иной группе является весьма условным, поскольку все зависит от сущности бизнеса: для некоторых предприятий какая-то ИС будет критически важным инструментом, а для других та же система – будет, например, поддерживать бизнес-процессы предприятия.

1 группа	• Информационные системы, которые обеспечивают ключевые бизнес-процессы предприятия.
2 группа	• Информационные системы, которые безальтернативно выполняют требования внешнего рычага воздействия.
3 группа	• Информационные системы, которые поддерживают бизнес-процессы предприятия.
4 группа	• Информационные системы, которые направлены на развитие и рост предприятия.
5 группа	• Информационные системы, которые формируют инновационную основу деятельности предприятия.

Рис. 1. Классификация ИС по признаку их необходимости

Для ИС, входящих в состав групп 1 и 2, наиболее приемлемыми вариантами оценки являются традиционные подходы, которые основаны на анализе затрат и рисков деятельности. Это обосновывается тем фактом, что такие ИС являются особо важными для предприятия и альтернатив их использованию нет. В таком случае их использование определяется затратами и технологическими рисками.

Для третьей группы ИС – информационные системы, которые поддерживают бизнес-процессы предприятия – наиболее удачным вариантом оценки будет подход, базирующийся на показателях возврата инвестиций, поскольку эффективность таких систем определяется на основе баланса доходов и затрат.

Оценка эффективности ИС четвертой группы основывается на анализе фактических итогов их применения, так как для таких систем полученные и возможные результаты могут в несколько раз превышать затраты на их внедрение и использование. Учитывая, что такие результаты являются стратегическими для предприятия (поскольку направлены на развитие и рост), для их оценки необходимо применять более сложные методы. Примером может служить аналог методики BalancedScoreCard (BSC) для информационных систем и технологий [2], в котором система остается классической, а состав и количество сбалансированных показателей выбираются в соответствии со спецификой предприятия.

Для систем из пятой группы характерен высокий уровень неопределенности и риска, поэтому наиболее удачным вариантом оценки их эффективности будет являться бенчмаркинг (сопоставительный анализ на основе эталонных показателей). Применительно к выделенным системам данный подход будет предполагать определение и сравнение уровней затрат на нововведения и инновации, а также основные направления инновационной деятельности, у анализируемого предприятия и предприятий смежного профиля.

Таким образом, можно отметить, что большинство предприятий считают наиболее весомыми параметрами оценки эффективности ИС финансовые показатели, а инструментарием для их получения – всевозможные методы финансовой и экономической оценки, так как такие методы позволяют проанализировать параметры использования ИС по аналогии с анализом и оценкой любого другого рода деятельности.

Список литературы

1. Райзберг Б. А. Современный экономический словарь [Текст]/ Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 512 с.
2. Каменнова М. Планирование развития ИТ на базе методологии BalancedScorecard [Электронный ресурс] / М. Каменнова, А. Шматалюк // Корпоративный менеджмент: интернет-проект. 2003. URL: http://www.cfin.ru/itm/bsc_for_it.shtml (дата обращения: 20.09.2017).

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПОРТФЕЛЕМ ИТ-СТРАТЕГИЙ АГРОПРЕДПРИЯТИЯ

Лавриненко Т.В.,

Гизатулин А.М., канд. экон. наук, доцент

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

lavrinenko-94@mail.ua

Животноводство является основной отраслью сельскохозяйственного производства, оно обеспечивает население высокоценными продуктами питания (мясо, молоко, яйца, животные жиры, мед и др.), а промышленность – сырьем (шерсть, кожа, меха, овчины, смушки, волос, щетина, пух, перо), ценными удобрениями (навоз, птичий помет).

Внутриотраслевая специализация скотоводства осуществляется, прежде всего, в рамках конкретного предприятия: вместо ферм для содержания животных разных хозяйственных и возрастных групп создают специализированные агропредприятия, что позволяет укрупнить размеры производства на каждой ферме.

В республике имеются значительные резервы для развития отрасли. Биологические возможности животных (многоплодие, раннее вступление в половую зрелость, короткий период супоросности, скороспелость, всеядность, большой убойный выход, хорошие вкусовые и технологические качества мяса), а также организационно-экономические особенности отрасли (быстрая оборачиваемость стада, потребление преимущественно малообъемных и высокотранспортабельных кормов при хорошей их окупаемости продукцией, расчленение процесса производства на отдельные стадии) позволяют производить свинину в больших количествах на основе интенсивных технологий.

В самом общем виде стратегия предполагает наличие цели и определение ограниченного набора путей ее достижения. Стратегия, таким образом, накладывает ограничения на способы достижения видения или целей. Видение или цель являются необходимыми, но не достаточными атрибутами стратегии. Цель, сама по себе, может быть ничем не ограничена и предполагает бесчисленное множество путей ее достижения. Без ограничений, без ограниченного набора способов достижения эта цель, видение остаются удаленными миражами, которые не могут быть достигнуты какими-либо конкретными путями.

Стратегия определяет общий путь достижения цели. Она ограничивает количество возможных опций, делая достижение цели управляемой и выполнимой задачей для тех, кто отвечает за это [1, с. 41]. Это основа эффективной стратегии: те, кто отвечает за реализацию цели, должны видеть ограниченный набор способов ее достижения, понимать, что является наиболее важной очередной задачей, и быстро ее решать.

В источниках указывается, что стратегию следует рассматривать как некоторую рамку, которая очерчивает границы будущих целей, что, в свою очередь, определяет те решения, которые принимаются в процессе тактической реализации стратегии. Стратегия обеспечивает сохранение некоторых приоритетов для тактических решений. И по мере того, как в течение времени уменьшается фактор неопределенности, могут произойти изменения в стратегии, задающие новые направления для тактических шагов [36, с.26].

Стратегия неразрывно связана с архитектурой, так как, с одной стороны, стратегия определяет общие направления развития архитектуры, а с другой, целевая архитектура системы, создаваемая для решения бизнес-задач, неявно определяет множество реализуемых стратегий.

Трехуровневая модель определения компонент стратегии включает в себя:

- а) описание конечного состояния (видение, цель);
- б) описание ограниченного набора способов достижения цели (основная стратегия);
- в) шаги к достижению цели (тактика или конкретные проекты).

Эти элементы определяют структуру стратегии. Но требуется еще одно измерение для того, чтобы выработать и реализовать успешную стратегию: это ресурсы, способности, потенциал, ключевая область компетенции и др.

Более детально, процесс разработки и реализации ИТ-стратегии представлен на рисунке 1. В соответствии с рисунком, бизнес-руководство и ИТ руководство совместно работают над формулировкой стратегии в области ИТ, используя в качестве основы стратегические планы работы предприятия и его бизнес-подразделений. Согласно с принятыми в организации критериями, происходит отбор наиболее приоритетных проектов для включения в стратегический план ИТ. По мере того как происходит реализация проектов, включенных в стратегический план ИТ, этот план обновляется с учетом дополнительной информации, которая могла появиться в бизнес-планах предприятия и подразделений. Важным аспектом является обратная связь, которая обеспечивает обновление стратегии ИТ на основе анализа параметров, используемых для оценки прогресса и результатов реализации проектов.

При управлении портфелем задается много целевых функций: доход, снижение рисков и т.п. Следовательно, при разработке моделей следует их учитывать.

К задачам управления портфелем ИТ- стратегий относят следующие:

- а) Обеспечение инновационной деятельности компании;
- б) Обеспечение развития компании;
- в) Обеспечение операционной деятельности компании;
- г) Повышение эффективности работы компании;
- д) Повышение эффективности распределения бюджетов по группам проектов.

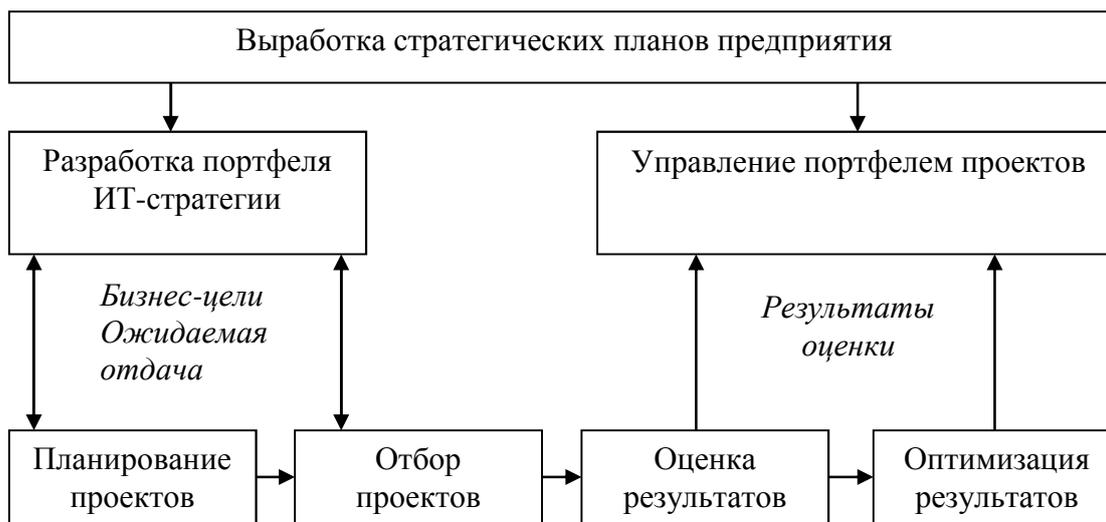


Рис. 1. Разработка стратегии ИТ и реализация проектов

Цель управления портфелем ИТ-стратегий – оптимальное достижение бизнес-целей компании за счет реализации ИТ-стратегий, входящих в портфель.

В портфеле ИТ-стратегий закрепляются правила формирования портфеля, которые зависят от внешних и внутренних факторов. Они должны строиться на понимании стратегических целей и задач бизнеса с учетом влияющих факторов, определять допущения и ограничения в части выполнения проектов с разными характеристиками для обеспечения сбалансированности инвестиций. Также важно определить какие факторы и в какой степени влияют на привлекательность и управляемость проектов [2, с. 34].

Таким образом, управление портфелем ИТ-стратегий – комплексное понятие, которое включает в себя ряд ключевых проблем, решение которых обеспечивается технологиями управления портфелем.

Список литературы

1. Меркулов, Андрей Бизнес на автопилоте. Как собственнику отойти от дел и не потерять свой бизнес / Андрей Меркулов, Николай Мрочковский. – М.: Альпина Пабlisher, 2013. – 252 с.
2. Себестиан, Рон Стратегия и продукты IBM Workplace / РонСебестиан, Дуглас У. Спенсер. – М.: КУДИЦ-Пресс, 2007. – 152 с.
3. Нечаев В. И. Проблемы инновационного развития животноводства / В. И. Нечаев, Е. И. Артемова // Монография. – Краснодар: Атри, 2009. – 368 с.

О ПРЕИМУЩЕСТВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТ - КАРТ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ВУЗА

Черкесова К.И.

Белгородский государственный институт искусств и культуры
kcherkesova@mail.ru

Программные средства для построения интеллект-карт являются достаточно мощными инструментами, однако их высокая стоимость, ограниченная функциональность бесплатных версий, а так же требование постоянного подключения к сети интернет делает их не привлекательными для обычного пользователя.

Методика построения интеллект-карт в таких программных средствах основана на визуализации и структурировании мышления. Это означает, что то, как выглядит карта, имеет решающее значение. Любая интеллект-карта – это дерево. Дерево имеет ствол и ветви, отходящие от него. Чем дальше от ствола, тем тоньше становятся ветви – этот простой принцип визуализации позволяет отобразить ход мыслей в правильном порядке. Каждая ветка – это отдельное направление или мысль, которая развивается при принятии решения. Чем тоньше участок ветви, тем более новым, свежим или детальным он является по отношению к основной мысли [1].

По умолчанию все основные ветви дерева имеют разные цвета. Это тоже немаловажно и позволяет отделить одну мысль и ход её развития от другой, при этом сохраняя общую структуру. Цвет и форму веток можно менять по своему усмотрению.

Для выбора технологии автоматизации информационной среды вуза существуют несколько способов, а именно покупка готового решения для автоматизации, разработка собственного программного продукта и использование облачных сервисов. Выбор метода автоматизации представлен на рис. 1.

В центре карты отображен яркий образ, символизирующий дилемму – выбор технологии автоматизации информационной среды вуза, а так же изображены варианты выбора с положительными и отрицательными характеристиками.

Покупка готового решения характеризуется возможностью широкого выбора программных модулей с полным набором программной документации, однако, такие решения не будут полностью отвечать требованиям организации в силу их универсальности. Так же имеется риск прекращения обслуживания информационной системы разработчиком [2].

Разработка собственного программного продукта, в сравнении с покупкой готового решения позволит решить проблему несоответствия программных модулей требованиям образовательной организации. Однако

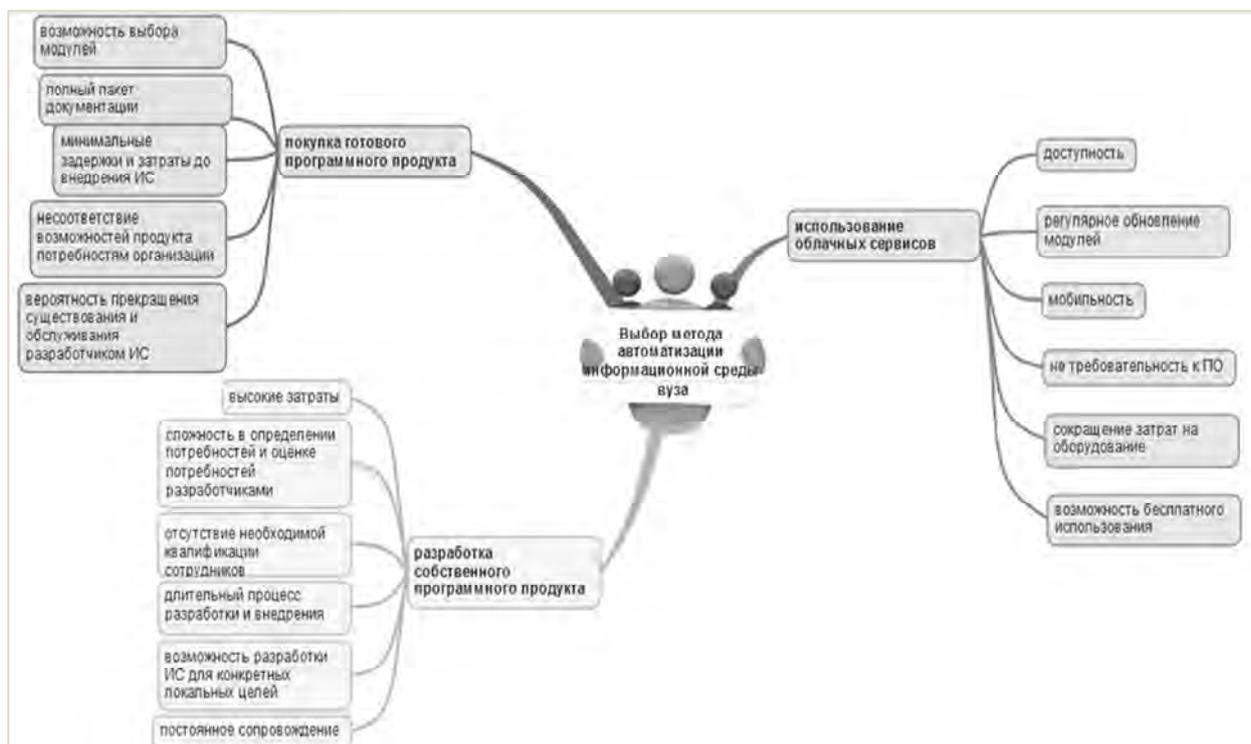


Рис. 1. Выбор технологии автоматизации информационной среды вуза

для реализации разработки необходим штат квалифицированных сотрудников, имеющих навыки в области определения и оценки потребностей заказчика, проектирования и разработки информационных систем. Помимо этого разработка собственной информационной системы повлечет большие затраты на покупку программного и аппаратного обеспечения, отвлечение от основных обязанностей квалифицированных сотрудников сферы ИТ.

Использование облачных технологий для создания информационной образовательной среды вуза характеризуются доступностью, мобильностью, не требовательностью к программному и техническому обеспечению, а так же низкой стоимостью. Модули программной среды, созданные в «облаке» будут регулярно обновляться, причем этот процесс будет осуществляться автоматически. Программный код разрабатываемого портала в облачных системах максимально скрыт от пользователя и администратора. Настройка платформы осуществляется путем подключения и модификации отдельных модулей, в связи с чем, нет необходимости в найме высококвалифицированных специалистов [3]. С данной задачей может справиться рядовой сотрудник технического отдела.

Список литературы

1. Бьюзен Т., Израэль Р., Доттино Т., Интеллект - карты для руководителя. Стратегии грамотного управления. – М: Попурри, 2014 г. – 256 с.
2. Денисов Д.В. Перспективы развития облачных вычислений.– М: Синергия; 2013. – 335 с.
3. Ковалева Н.И., Эффективность внедрения облачных сервисов при автоматизации бизнеса. - М: LAP Lambert Academic Publishing., 2013. – 183 с.

УДК 517.9

**УСЛОВИЯ ПОДЧИНЕННОСТИ ДЛЯ СИСТЕМ МИНИМАЛЬНЫХ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛИНОМОВ В ПРОСТРАНСТВАХ
С РАВНОМЕРНОЙ НОРМОЙ**

Зоренко А.Ю.,

Лиманский Д. В., кандидат физ.-мат. наук, доцент
ГОУВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
Anutkina1994@mail.ru

Пусть $P(D) = \sum a_\alpha D^\alpha$ — дифференциальный оператор с постоянными коэффициентами $a_\alpha \in \mathbb{C}$, где $D^\alpha = D_1^{\alpha_1} \dots D_n^{\alpha_n}$, $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n) \in \mathbb{Z}_+^n$. Рассматривается задача об описании линейного пространства $L_{p,\Omega}(P)$ дифференциальных полиномов $Q(D)$, подчиненных $P(D)$ в $L^\infty(\mathbb{R}^n)$ - норме, т. е. пространства операторов $Q(D)$, удовлетворяющих априорной оценке:

$$\|Q(D)f\|_{L^\infty(\mathbb{R}^n)} \leq c_1 \|P(D)f\|_{L^\infty(\mathbb{R}^n)} + c_2 \|f\|_{L^\infty(\mathbb{R}^n)},$$

где $f \in C_0^\infty(\mathbb{R}^n)$, $c_1, c_2 > 0$ — постоянные, не зависящие от выбора f .

При $p = 2$ и ограниченной области $\Omega \subset \mathbb{R}^n$ эта задача была исчерпывающе решена Л. Хермандером [1]. Используя этот критерий, в той же работе [1] им было показано, что для тензорного произведения

$$P(D) = P_1(D_1, \dots, D_{p_1}, 0, \dots, 0) \otimes P_2(0, \dots, 0, D_{p_1+1}, \dots, D_n)$$

двух дифференциальных операторов $P_1(D)$ и $P_2(D)$, действующих по различным группам переменных, пространство $L_{2,\Omega}(P)$ равно тензорному произведению соответствующих пространств $L_{2,\Omega}(P_k)$, т. е. оно совпадает с линейной оболочкой произведений операторов $Q_k \in L_{2,\Omega}(P_k)$, $k = 1, 2$.

В работах [2–4] указанная задача рассматривалась для $p = \infty$, $\Omega = \mathbb{R}^n$ и эллиптических операторов $P_k(D)$. Так, в [2] было доказано, что в случае невырожденных символов $P_k(\xi)$, т. е. при $P_k(\xi) \neq 0 \quad \forall \xi \in \mathbb{R}^n$, пространство $L_{\infty,\mathbb{R}^n}(P)$ такое же, как и в описанной выше теореме Л. Хермандера, т. е. $L_{\infty,\mathbb{R}^n}(P) = L_{\infty,\mathbb{R}^{p_1}}(P_1) \otimes L_{\infty,\mathbb{R}^{p_2}}(P_2)$. Но если символы $P_k(\xi)$ однородны, то пространство $L_{\infty,\mathbb{R}^n}(P)$ — минимально возможное: оно совпадает с линейной оболочкой тождественного оператора I и оператора $P(D)$ (см. [2]).

В настоящем докладе рассматривается задача описания пространства $L(P) := L_{\infty, \mathbb{R}^2}(P)$ для тензорного произведения вида

$$P(D) = p_1(D_1) \otimes p_2(D_2),$$

где $p_k(D_k)$ — обыкновенные дифференциальные полиномы. Эта задача была решена в [3] для случая, когда все нули первого сомножителя $p_1(\xi_1)$ вещественные и простые.

Ниже, в теоремах 1 и 2, приводится описание структуры пространства $L(P)$ для некоторых примеров операторов, когда не обязательно все нули одного из сомножителей $p_k(\xi_k)$ в произведении $P(\xi) = p_1(\xi_1)p_2(\xi_2)$ вещественные и простые. При доказательстве этих теорем использовалась техника многоугольника Ньютона, а также обобщения результатов Бомана [5] для системы дифференциальных мономов (см. [6]).

Теорема 1. Пусть $P(D) = P(D_1, D_2) = D_1^2(D_1 - 1)D_2^2(D_2 - 1)$. Тогда включение $Q \in L(P)$ эквивалентно равенству

$$Q(\xi) = c_1 P(\xi) + c_2,$$

где $c_i, i = \overline{1, 2}$ — постоянные. В этом случае $\dim L(P) = 2$.

Теорема 2. Пусть $P(D) = P(D_1, D_2) = (D_1^3 + D_1)D_2^3$. Тогда включение $Q \in L(P)$ эквивалентно равенству

$$Q(D) = \xi_1 \xi_2^3 (c_1 \xi_1^2 + c_2 \xi_1 + c_3) + c_4 \xi_1 \xi_2^2 + c_5,$$

где $c_i, i = \overline{1, 5}$ — постоянные. В этом случае $\dim L(P) = 5$.

Список литературы

1. Хермандер Л. К теории общих дифференциальных операторов в частных производных / Л. Хермандер / М.: ИЛ, 1959. — 131 с.
2. 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.
3. Лиманський Д. В. Умови підпорядкованості для тензорного добутку двох звичайних диференціальних операторів / Д. В. Лиманський // Доповіді НАН України. — 2012. — № 4. — С. 25-29.
4. Boman J. Supremum norm estimates for partial derivatives of functions of several real variables / J. Boman // Ill. J. Math. — 1972. — Vol. 16. — No. 2. — P. 203-216.
5. Лиманский Д. В. Многоугольник Ньютона и априорные оценки для дифференциальных операторов на плоскости / Д.В. Лиманский // Вестник ДонНУ. Сер. А: Естественные науки. — 2016. — № 1. — С. 67-79.

АНАЛОГ ТЕОРЕМЫ ЕДИНСТВЕННОСТИ Ф. ЙОНА НА ГИПЕРБОЛИЧЕСКОЙ ПЛОСКОСТИ

Кракова А.И.,

Волчков Вит.В., д-р физ.-мат. наук, профессор
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
Krakova@mail.ru

Известная теорема единственности Ф. Йона (см. [1], а также [2, гл. 6]) утверждает, что если функция $f \in C^\infty(\mathbb{R}^n)$, $n \geq 2$, с нулевыми интегралами по всем сферам фиксированного радиуса r обращается в нуль в некотором шаре радиуса r , то $f = 0$ в \mathbb{R}^n . Примеры, построенные Ф. Йоном для $n = 2, 3$, показывают, что для таких n условие бесконечной гладкости f ослабить нельзя.

Существенное уточнение и обобщение этих результатов было получено в работах [3] – [10]. При этом был обнаружен новый эффект – зависимость между порядком гладкости функции из различных обобщений теоремы Йона и количеством нулевых коэффициентов Фурье в ее разложении по сферическим гармоникам. Кроме того, методы, предложенные в [3] – [10], позволили получить аналогичные результаты для функций f , удовлетворяющих уравнению свертки $f * T = 0$, где T – инвариантное относительно вращений распределение с компактным носителем в \mathbb{R}^n .

Такие результаты имеют самостоятельный интерес и важны в связи с их существенными и эффективными приложениями в экстремальных задачах о множествах Помпейю, в теории лакунарных рядов, в проблеме носителя, в теории гармонических функций, а также при изучении различных классов периодических в среднем функций и их обобщений (см. [4], [9]).

В данной работе получен аналог теоремы Ф. Йона для взвешенных шаровых средних на гиперболической плоскости \mathbb{H}^2 .

Будем рассматривать для \mathbb{H}^2 хорошо известную модель Пуанкаре (см., например, [11, введение, § 4]). В этой модели \mathbb{H}^2 реализуется в виде открытого единичного круга $\mathbb{D} = \{z \in \mathbb{C}: |z| < 1\}$, где расстояние d между точками $z_1, z_2 \in \mathbb{D}$ вычисляется по формуле

$$d(z_1, z_2) = \frac{1}{2} \ln \frac{|1 - \bar{z}_1 z_2| + |z_2 - z_1|}{|1 - \bar{z}_1 z_2| - |z_2 - z_1|}.$$

В частности,

$$d(z, 0) = \frac{1}{2} \ln \frac{1+|z|}{1-|z|} \text{ и } |z| = \text{th } d(z, 0), \quad z \in \mathbb{D}.$$

Расстояние d и мера $d\mu$, определяемая равенством

$$d\mu(z) = \frac{i}{2} \frac{dz \wedge \bar{d}z}{(1 - |z|^2)^2} = \frac{dxdy}{(1 - |z|^2)^2},$$

инвариантны относительно группы G конформных автоморфизмов круга \mathbb{D} . Элементы группы G являются движениями плоскости \mathbb{H}^2 .

Символом B_r ($r > 0$) будем обозначать открытый гиперболический круг радиуса r с центром в нуле, т.е.

$$B_r = \{z \in \mathbb{H}^2: d(0, z) < r\}.$$

Для функции $f \in C(\mathbb{H}^2)$ введем взвешенное шаровое среднее по формуле

$$(\mathcal{M}_r f)(z) = \int_{B_r} f\left(\frac{z-w}{1-w\bar{z}}\right) \left(\frac{1-|w|^2}{1-z\bar{w}}\right)^2 d\mu(w), \quad z \in \mathbb{H}^2.$$

Отметим, что

$$(\mathcal{M}_r f)(z) = \int_{B_r(z)} f(w) \left(\frac{1-|w|^2}{1-w\bar{z}}\right)^2 d\mu(w), \quad z \in \mathbb{H}^2,$$

где

$$B_r(z) = \{w \in \mathbb{H}^2: d(w, z) < r\}.$$

Теорема 1. Пусть $0 < r < R \leq +\infty$, f – радиальная функция класса $C^\infty(B_R)$, равная нулю в B_r , и $\mathcal{M}_r f = 0$ в диске B_{R-r} . Тогда $f = 0$ в B_R .

Доказательство теоремы 1 основано на теории трансмутационных операторов, развитой в работе [12].

Список литературы

1. John F. Abhängigkeiten zwischen den Flächenintegralen einer stetigen Funktion // Math. Ann. – 1935. – 111, № 1. – P. 541 – 559.
2. Йон Ф. Плоские волны и сферические средние в применении к дифференциальным уравнениям с частными производными. – М.: ИЛ, 2011. – 156 с.
3. Волчков В. В. Окончательный вариант локальной теоремы о двух радиусах // Мат. сб. – 1995. – Т. 186, № 6. – С. 15 – 54.
4. Volchkov V. V. Integral geometry and convolution equations. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. – 454 p.
5. Волчков В. В. Теоремы единственности для решений уравнений свертки на симметрических пространствах // Изв. РАН. Сер. Матем. – 2006. – Т. 70, № 6. – С. 3-18.
6. Зарайский Д. А. Уточнение теореме единственности для решений уравнений свертки // Труды ИПММ НАН Украины. – 2006. – Т. 12. – С. 69 – 75.
7. Волчков В. В. Локальная теорема о двух радиусах на симметрических пространствах // Мат. сб. – 2007. – Т. 198, № 11. – С. 21 – 46.
8. Волчков Вит. В. О функциях с нулевыми шаровыми средними на компактных двуточечно-однородных пространствах // Мат. сб. – 2007. – Т. 198, № 4. – С. 21 – 46.
9. Volchkov V. V., Volchkov Vit. V. Harmonic analysis of mean periodic functions on symmetric spaces and the Heisenberg group. – London: Springer, 2009. – 671 p.
10. Volchkov V. V., Volchkov Vit. V. Offbeat Integral Geometry on Symmetric Spaces. – Basel: Birkhäuser, 2013. – 591 p.
11. Хелгасон С. Группы и геометрический анализ. – М.: Мир, 1987 – 735 с.
12. Волчков В. В., Волчков Вит. В. Теоремы типа Мореры в гиперболическом диске // Изв. РАН. Сер. Матем. – 2018 (принята к печати).

ЛОКАЛЬНАЯ ВЕРСИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОМПЕЙЮ ДЛЯ СЛУЧАЯ РОМБА

Кузьмина А. А.,
Волчков В. В., д-р физ.-мат. наук, профессор
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
g2013.kuzmina.a.13118@gmail.com

Проблема Помпейю в евклидовом пространстве может быть сформулирована следующим образом. Пусть R^n вещественное евклидово пространство размерности $n \geq 2$ с евклидовой нормой $|\bullet|$, $M(n)$ группа движений R^n . Компактное множество $A \subset R^n$ называется множеством Помпейю, если всякая интегрируемая функция $f : R^n \rightarrow C$, для которой

$$\int_{\lambda A} f(x) dx = 0 \quad (1)$$

при всех $\lambda \in M(n)$, равна нулю почти всюду. Классическая проблема Помпейю состоит в описании класса $Pomp(R^n)$ - совокупность всех множеств Помпейю в R^n , таких множеств A .

В такой постановке указанная проблема была хорошо изучена в первой половине прошлого века. Ряд достаточных условий принадлежности $A \in Pomp(R^n)$ получил румынский математик Помпейю в 1929 году.

Для многих конкретных случаев известен ряд результатов, с помощью которых можно определить, имеет ли множество A свойство Помпейю или нет (см. [1, 2]). Теорема С.А. Вильямса показывает, что многие множества A с особенностями на границе (например, многогранники) принадлежат $Pomp(R^n)$. В случае, когда некоторое множество не обладает свойством Помпейю, наличие ненулевой функции с условием (1) дает возможность получить нетривиальные оценки плотности укладки произвольного компакта в R^n множествами вида $\lambda A, \lambda \in M(n)$ ([3, 4]).

Ряд результатов, содержащих оценки сверху для величины $R(A) = \inf\{R > 0 : A \in Pomp(B_R)\}$, B_R – шар, получены К. А. Беренштейном и Р. Гэем, а также В. В. Волчковым (см. [5]).

Были получены результаты для параллелепипеда ([6], [7]), для правильного m -угольника со стороной 1, для полушара, для некоторых плоских множеств, в компоненты границ которых входят дуги окружностей (см. [8]) и т.д.

Рассматривается следующая задача: пусть D – область на вещественной плоскости. Установить, когда существует функция f – локально интегрируемая в D , f –ненулевая такая, что

$$\int_{K \subset D} f(u) du = 0 \quad (2)$$

для данного множества ромбов K , лежащих в D .

Пусть $D_r \subset R^2$ – открытый круг радиуса $r \geq \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{1 - \cos \alpha}$, α – тупой угол ромба с единичной стороной. $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$.

Получены следующие результаты:

Теорема 1. Если $\alpha \geq 120^\circ$, а $r < 1$. Тогда существуют интегрируемые в D_r ненулевые функции f , для которых интеграл от f по любому единичному ромбу с тупым углом α из D_r равен нулю.

Теорема 2. Если $\alpha < 120^\circ$, а $r < \sqrt{1/4 + \sin^2 \alpha}$. Тогда существуют интегрируемые в D_r ненулевые функции f , для которых интеграл от f по любому единичному ромбу с тупым углом α из D_r равен нулю.

Теорема 3. Пусть f удовлетворяет условию (2) при $D = D_r$. Тогда верны следующие утверждения:

1. Можно подобрать финитную функцию $\varphi \in C^\infty$ так чтобы $f \bullet \varphi \neq 0$ и удовлетворено условие (2) в немного меньшей области $D_{r-\varepsilon}$, $r - \varepsilon > \sqrt{1/4 + \sin^2 \alpha}$.

2. Если $f \in C(D_r)$, то смешанная разность от f по вершинам любого единичного ромба из D_r равна 0.

3. Каждое слагаемое ряда Фурье функции f удовлетворяет условию (2). Также, если $f \in C^1(D_r)$, то все производные от f удовлетворяют условию теоремы.

4. Если $f \in C^1(D_r)$, то условию (2) удовлетворяют функции:

$$\left(f_m'(\rho) \pm \frac{m}{\rho} \cdot f_m(\rho) \right) \cdot e^{i(m \mp 1)\varphi}$$

Также был исследован следующий случай. Пусть n четно и пусть a, b, r, R – фиксированные положительные числа, такие, что $a < b < r < R$. Предположим, что $f \in C(R^2)$ такая, что $\text{supp } f \subset B_{r,R}$, и для всех

$$\int_{\xi(\omega,d)} f(u) du = \int_{\xi(\omega,d-h)} -f(u) du, \text{ где } \xi(\omega,d) = \{u \in R^2 : (\omega, u) = d\}, d \in R \text{ и } d \in (a,b).$$

Нужно выяснить будет ли $f = 0$ в данном случае.

В результате преобразований было получено уравнение:

$$\int_r^R f(t) \left(\left(\frac{\left(\frac{h}{2}\right)^{-m} + \left(-\frac{h}{2}\right)^{-m}}{m!} \sum_{k=\frac{m}{2}}^{\infty} (z^{2k}) \cdot a_{2k} \right) \right) dt = 0.$$

$$a_{2k} = \frac{(4k-1)!}{2^{3k+1} k! (2k-m)!}.$$

Следовательно, эта задача была сведена к вопросу о полноте некоторой системы функций.

Список литературы

1. Произволов В. В. Об интегралах, постоянных на конгруэнтных областях / В.В. Произволов // Мат. заметки. – 1997. – т. 21. – №2. – с. 183 – 186.
2. Berenstein С. А. El problema de Pompeiu/ С.А. Berenstein, D. Khavinson // Atas do Novo Coloquio Brasileiro de Mathematica (Pocos de Caldar, 1973) – 1977. – v. 1. – p. 31-37.
3. Котляр Б. Д. Об укладках параллелотопов и некоторых множеств / Б.Д. Котляр // Сиб. Мат. журн. – 1984. – т. 25. – №2. – с. 222-225.
4. Котляр Б. Д. Плотности укладок ограниченных множеств / Б.Д. Котляр // Сообщ. Акад. Наук Грузинской ССР. – 1987. – т. 126. – №3. – с. 469-472.
5. V. V. Volchkov. Integral Geometry and Convolution Equations/ V.V. Volchkov // Kluwer Academic Publishers DordRecht/Boston/London. – 2003. – 454 p.
6. Волчков В.В. Экстремальные задачи о множествах Помпейю / В.В. Волчков // Мат. сборник. – 1998. – Т. 189. – № 7. – с.3 - 22.
7. Волчков В.В. Экстремальные задачи о множествах Помпейю II / В.В. Волчков // Мат. сборник. – 2000. – Т. 191. – № 5. – с.3 - 16.
8. Машаров П. А. Экстремальные задачи о множествах Помпейю / П.А. Машаров : Дис. канд. наук. – Донецк: Инст. прикл. мат. и мех., 2005.
9. Волчков В.В. О функциях с нулевыми интегралами по кубам // Укр. мат. ж. 1991. – Т. 43. – № 6. – С. 859 - 863.

УДК 517.5+519.213

ПОЛОЖИТЕЛЬНАЯ ОПРЕДЕЛЁННОСТЬ ФУНКЦИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА

Манов А. Д.,

Заставный В. П., д-р физ.-мат. наук, доцент

ГОУВПО “Донецкий национальный университет”, г. Донецк

manov.ad@ro.ru

Комплекснозначная функция $f:R \rightarrow C$ называется положительно определенной на R ($f \in \Phi(R)$), если при любом $m \in N$, для любого набора точек $\{x_k\}_{k=1}^m \subset R$ и любых комплексных чисел $\{c_k\}_{k=1}^m \subset C$ выполняется неравенство

$$\sum_{k,j=1}^m c_k \bar{c}_j f(x_k - x_j) \geq 0.$$

Рассматривается следующая задача: для заданных $\alpha, \beta \in (0,1)$, $0 < \alpha \leq \beta < 1$ и $s \in R$ чётную функцию $w_{\alpha,\beta,s}$ определим следующим образом: $w_{\alpha,\beta,s}(x) = 0$ при $x > 1$, $w_{\alpha,\beta,s}(0) = 1$, $w_{\alpha,\beta,s}(1) = 0$, $w_{\alpha,\beta,s}(x) = s$ при $x \in [\alpha, \beta]$ ($[\alpha, \alpha] := \{\alpha\}$), а на отрезках $[0, \alpha]$ и $[\beta, 1]$ функция $w_{\alpha,\beta,s}$ является линейной. Для каждой фиксированной пары $\alpha, \beta \in (0,1)$, $0 < \alpha \leq \beta < 1$ требуется найти множество всех $s \in R$, для которых $w_{\alpha,\beta,s} \in \Phi(R)$.

Если $\alpha = \beta$, то это задача Р. М. Тригуба, которая была рассмотрена и решена В. П. Заставным и А. Д. Мановым в [1]. В этом случае, справедлива следующая теорема.

Теорема 1. Пусть $\alpha \in (0,1), s \in R$. Тогда функция $w_{\alpha,\alpha,s} \in \Phi(R) \Leftrightarrow m(\alpha) \leq s \leq 1-\alpha$, где $m(\alpha) = 0$, если $1/\alpha \notin N$ и $m(\alpha) = -\alpha$, если $1/\alpha \in N$.

В [2] (см. также [3]) В. П. Заставным и А. Д. Мановым была рассмотрена и решена задача об описании множества положительно определённых функций $w_{\alpha,\alpha,c}$ в случае комплексного параметра $c := s + ih$, $s, h \in R$ (в этом случае $w_{\alpha,\alpha,c}$ предполагается эрмитовой). Кроме того, в [2] при помощи теоремы 1 были получены новые точные неравенства для тригонометрических многочленов.

Основным результатом данной работы являются следующие теоремы.

Теорема 2. Пусть $\alpha, \beta \in (0,1), 0 < \alpha \leq \beta < 1$ и $s \in R$. Тогда $w_{\alpha,\beta,s} \in \Phi(R) \Leftrightarrow m(\alpha, \beta) \leq s \leq M(\alpha, \beta)$, где

$$M(\alpha, \beta) := \frac{1-\beta}{1-\beta - \alpha m_1\left(\frac{1+\beta}{\alpha}, \frac{1-\beta}{\alpha}\right)}, \quad m(\alpha, \beta) := \frac{1-\beta}{1-\beta - \alpha m_2\left(\frac{1+\beta}{\alpha}, \frac{1-\beta}{\alpha}\right)}, \quad (1)$$

а $m_1(v_1, v_2)$ и $m_2(v_1, v_2)$, $v_1, v_2 > 0$ определяются следующим образом:

$$m_1(v_1, v_2) := \inf_{R \setminus \pi Z} \frac{\sin(v_1 t) \sin(v_2 t)}{\sin^2(t)}, \quad m_2(v_1, v_2) := \sup_{R \setminus \pi Z} \frac{\sin(v_1 t) \sin(v_2 t)}{\sin^2(t)} \quad (2)$$

Кроме того,

- 1) если $(1+\beta)/\alpha, (1-\beta)/\alpha \in N$ или $1/\alpha \notin N, \beta/\alpha \in N$, то $M(\alpha, \beta) > 0$, а в остальных случаях $M(\alpha, \beta) = 0$;
- 2) если $(1+\beta)/\alpha, (1-\beta)/\alpha \in N$ или $1/\alpha \in N, \beta/\alpha \notin N$, то $m(\alpha, \beta) < 0$, а в остальных случаях $m(\alpha, \beta) = 0$.

Теорема 3. Пусть $v_1, v_2 > 0$ и $m_1(v_1, v_2), m_2(v_1, v_2)$ определены по формуле (2). Тогда

- 1) Если $|v_1 - v_2| = 2$, то $m_1(v_1, v_2) = -1$.
- 2) Если $v_1, v_2 \in N$, то $m_2(v_1, v_2) = v_1 v_2$ и $m_1(v_1, v_2) \geq -v_1 v_2$. Если дополнительно v_1 и v_2 разной чётности, то $m_1(v_1, v_2) = -v_1 v_2$.
- 3) Если $v_1 = p_1/q, v_2 = p_2/q$, где $p_1, p_2, q \in N$, то

$$m_1(v_1, v_2) = \inf_{[-1,1] \setminus A} \frac{U_{p_1-1}(x) U_{p_2-1}(x)}{[U_{q-1}(x)]^2}, \quad m_2(v_1, v_2) = \sup_{[-1,1] \setminus A} \frac{U_{p_1-1}(x) U_{p_2-1}(x)}{[U_{q-1}(x)]^2},$$

где $A := \{x : U_{q-1}(x) = 0\}$, а $U_p(\cos(t)) := \sin((p+1)t)/\sin(t)$, $t \in [0, \pi]$, $p \in Z_+$ - многочлены Чебышева второго рода.

- 4) $m_1(1,1) = 1, m_1(1,3) = -1, m_1(1,5) = -5/4, m_1(1,7) = -(7+14\sqrt{7})/27, m_2(1/2, 7/2) = 7/4$.

Список литературы

1. Manov A., Zastavnyi V. Positive definiteness of piecewise-linear function // Expositiones Mathematicae. – 2017. – Vol. 35. – I. 3. – pp. 357-361.

2. Заставный В. П., Манов А. Д. Положительная определённость комплексной кусочно-линейной функции и некоторые её применения // Матем. Заметки. (принята в печать)
3. Заставный В. П., Манов А. Д. Положительная определённость комплексной кусочно-линейной функции и некоторые её применения // Тезисы конференции: Современные методы и проблемы теории операторов и гармонического анализа и их приложения VII. Ростов-на-Дону, 2017.

УДК 372.851+51.8

О КЛАССИФИКАЦИИ ТИПОВ ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАЧ ПО МЕТОДАМ ИХ РЕШЕНИЯ

Фурсова Т.А.,

Иванов А.Ю., кандидат физ.-мат. наук

ГОУВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

tetyanka2301@mail.ru

Математические олимпиады служат хорошей подготовкой к будущей научной деятельности, заостряют интеллект. Следует отметить, что при этом они не только дают ценные материалы для суждения о степени математической подготовленности учащихся и выявляют наиболее одаренных и подготовленных молодых людей в области математики, но и стимулируют углубленное изучение предмета.

Как же подготовиться к олимпиаде и есть ли универсальный метод решения олимпиадных задач? *Данный вопрос беспокоит значительное количество преподавателей.*

Для подготовки к олимпиадам используют литературу, посвященную математическим конкурсам: решению олимпиадных задач, методам решения задач и т.д.

Зачастую олимпиадные задачи имеют нестандартную формулировку. Далеко не всегда решением таких задач является цепочка из нескольких естественных шагов. Ввиду этого особый интерес представляют идеи и методы решения олимпиадных задач.

Следует отметить, что не существует единой классификации типов олимпиадных задач, так различными авторами выделяется от 5–7 до 15. Основываясь на литературе [1, 2] и собственном опыте, нами предложена следующая система методов: четность, делимость и остатки, принцип Дирихле, принцип крайнего, инварианты, раскраски, неравенства, поиск родственных задач, игры, метод математической индукции, процессы и операции, покрытия, упаковки и замощения, Алгоритм Евклида, уход на бесконечность и малые шевеления, графы, соответствие, подсчет двумя способами, обратный ход, доказательство от противного, «причёсывание задач», уравнения и системы уравнений в целых числах, геометрия масс,

метод координат и векторная геометрия, метод направленного перебора, свойства функций и их графиков, элементарные преобразования выражений, применение элементарных геометрических конструкций, математический опыт.

Построив приведенную выше классификацию олимпиадных задач перед нами стал вопрос: как выявить какие из выделенных методов реально применяются при решении олимпиад, а какие второстепенны с этой точки зрения. Нами были изучены задачи математических олимпиад II–III этапов на территории Украины и Московской области в средней и старшей школе за 2000–2005 гг. Изучив авторские и построив собственные решения, мы определили, какие методы необходимы для решения каждой задачи. Затем интерпретируя полученные частотные характеристики нами сделаны следующие выводы:

- разницы по типам применяемых методов между олимпиадами в России и Украине нет, что говорит о единой школе организаторов олимпиадного движения в этих странах;

- тексты олимпиад II- го уровня в старшей школе содержат задачи, решаемые меньшим количеством методов, чем тексты олимпиад III- го уровня;

- в старшей школе чаще всего используется метод применение геометрических конструкций, уравнения и системы уравнений в целых числах, неравенства, делимость и остатки;

- в средней школе чаще встречаются методы, такие как инварианты,

- делимость и остатки, игры, замечательные линии в треугольниках.

Следует отметить, что в отдельных случаях при решении задач используются сразу несколько различных методов.

Таким образом, для успешной подготовки к школьным олимпиадам по математике в средней школе особенно важно уделить внимание таким методам решения задач как инварианты, замечательные линии в треугольниках, делимость и остатки, в старшей школе — геометрические конструкции, уравнения и системы уравнений в целых числах. Безусловно, подготовка к олимпиадам является многофакторным процессом, на успешность которого влияет не только собственно программа обучение, также личность педагога, его взаимоотношения с учеником, способности найти индивидуальный подход к ребёнку, и многое другое.

Список литературы

1. Горбачёв Н.В. Сборник олимпиадных задач по математике / Н.В. Горбачёв. — М.: МЦНМО, 2004. — 559 с.
2. Канель-Белов А.Я. Как решают нестандартные задачи / А. Я. Канель-Белов, А. К. Ковальджи; под ред. В. О. Бугаенко. — 4-е изд., стереотип. — М.: МЦНМО, 2008. — 96 с.
3. Математичні олімпіади школярів України 2001-2006 / В.М. Лейфура, Н. Х. Агаханов, И. И. Богданов, П. А. Кожевников и др. — М. : Просвещение, 2010. — 239 с.
4. Сборник олимпиадных задач по математике 6-8 класс./Довбыш Р.И., Потемкина Л.Л. Потемкин В.Л. — Донецк: Каштан, 2005. — 256 с.

УДК 613.648.4

**РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СТАЦИОНАРНОЙ ЗАЩИТЫ
(СТЕНЫ, ПОКРЫТИЯ, ДВЕРИ И Т.Д.) ОТ ИОНИЗИРУЮЩЕГО
ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ
РЕНТГЕНОВСКИХ КАБИНЕТОВ**

Голуб Д.В.,

Шевцов Д.В., канд. техн. наук, доцент
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
goldmivit@gmail.com

Как только были открыты ионизирующие излучения (ИИ) и их вредное воздействие на живые организмы, появилась необходимость контролировать воздействие ИИ на человека. Излучение ионизирующее [1] – поток заряженных или нейтральных частиц (квантов) электромагнитного излучения, прохождение которых через вещество приводит к ионизации и возбуждению атомов или молекул среды.

Задачи такого рода появляются при проектировании или реконструкции рентгеновских кабинетов. Указанный расчет позволяет определить, где необходимо расположить рентгеновский аппарат, на каком расстоянии от каждой преграды (стены, верхнее перекрытие, нижнее перекрытие), а также материал и толщину этих преград для обеспечения безопасного уровня облучения за пределами рентгеновского кабинета [2].

Разумеется, автоматизация расчетов искомых параметров предопределяет необходимость создания программных средств, которые могут значительно ускорить, а также сделать более точными процессы проектирования и реконструкции рентгеновских кабинетов

Разработка подобного рода программ является актуальной научно-практической задачей, так как данный продукт не имеет аналогов на текущий момент в связи с тем, что вполне уникальные расчеты имеют очень узкую область применения. Хотя похожие программы разрабатывались, в настоящее время они либо устаревшие и имеют ограниченный функционал, либо не отвечают всем предъявляемым современным требованиям при проектировании или реконструкции рентгеновских кабинетов [3].

Очевидно, что задача по созданию программы для расчета параметров стационарной защиты (стены, покрытия, двери и т.д.) от ИИ наследует все

проблемы, связанные с проектированием специализированных баз данных, построением схемы помещения, считыванием, анализом и связью всех полученных данных, а также их дальнейшей обработкой.

Данное направление исследований в Российской Федерации также имеет весьма узкую специализацию, в связи с чем соответствующее программное обеспечение не разрабатывается глобально, при этом оно достаточно часто не отвечает существующим стандартам, так как часто встречается неквалифицированный персонал, который допускает ошибки при расчетах, как следствие, расчеты необходимо переделывать. Практически на всем пространстве ближнего зарубежья, в том числе в нашей Республике, данная проблема также присутствует и имеет схожие черты [4].

Таким образом, определена предметная область и описан круг проблем, которые необходимо решить для создания программного продукта, задачей которого является автоматизация и повышение точности расчета параметров стационарной защиты (стены, покрытия, двери и т.д.) от ионизирующего излучения. Основываясь на этих выводах, будут поставлены и решены задачи для разработки программного комплекса для проектирования и реконструкции рентгеновских кабинетов, а результатом данной работы будет повышение надежности и безопасности использования ИИ в диагностических, профилактических и оздоровительных целях.

Список литературы

1. Зарипова Л.Д. Защита от ионизирующего излучения / Л.Д. Зарипова – Казань: Казанск. гос. ун-т, 2008. – 48 с.
2. Архилаев М.А. Ионизирующие излучения и методы защиты / М.А. Архилаев, А.И. Пешкова – Барнаул: [б.н.], 2009. – 20 с.
3. Ефремов И.В. Методы регистрации и расчет защиты от ионизирующих излучений / И.В. Ефремов, Е.Л. Горшенина, В.А. Солопова – Оренбург: Оренбургский гос. ун-т, 2013. – 78 с.
4. СанПиН 2.6.1.1192-03 Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. – Москва: МинздравРоссии, 2003.

ПРИМЕНЕНИЕ АСИММЕТРИЧНЫХ МЕТОДОВ ШИФРОВАНИЯ И ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВОЙ ПОДПИСИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОННОГО ПАСПОРТА С РАЗГРАНИЧЕННЫМИ ПРАВАМИ ДОСТУПА

Горбачёв В.А.

Пачева М.Н.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

snolly.gv@gmail.com

В связи с тенденцией развития информационных технологий, возникает необходимость соблюдения конфиденциальности информации, передаваемой по современным сетям. Защита информации от взлома и искажения требуют реализации таких алгоритмов, которые способны установить достоверность документа [1, 2].

Целью данной работы является изучение и исследование принципов работы существующих асимметричных методов шифрования, а также этапов реализации данных алгоритмов и проблематики, возникающей в данном процессе. Кроме этого, ставится задача разработки конкретного пользовательского приложения для защиты электронных «паспортов» на предприятии.

Разработанный программный комплекс включает в себя следующие элементы: аутентификация и идентификация; шифрование и дешифрование передаваемых данных с применением алгоритма RSA; постановка электронно-цифровой подписи методом Эль-Гамала.

Приведенные алгоритмы были выбраны после проведения работы по сравнению скорости работы и криптоскопости различных методов шифрования и постановки электронно-цифровой подписи [1–3].

Для применения программного комплекса пользователь должен идентифицироваться системой после чего он имеет возможность просмотра определённых разграниченных данных «паспорта», а также добавления новых элементов с личной ЭЦП пользователя. При этом передача данных по сети осуществляется в зашифрованном виде.

Программа реализована в виде интернет ресурса с поддержкой реляционных баз данных и арифметики с большими числами.

Список литературы

1. Петров А.А. Компьютерная безопасность. Криптографические методы защиты / А.А. Петров – М.: ДМК, 2000. – 448 с.
2. Мао В. Современная криптография: теория и практика. / В. Мао – М.: Вильямс, 2005. – 768 с.
3. Фомичев В.М. Дискретная математика и криптология. / В.М. Фомичев – М.: Диалог-МИФИ, 2003. – 397 с.

О СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОБЛЕМАХ, СВЯЗАННЫХ С РАЗРАБОТКОЙ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Григоренко В.А.,

Шевцов Д.В., канд. техн. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

griviala@gmail.com

Интенсивность автоматизации управления во всех сферах деятельности возрастает с каждым днем. Это относится и к документообороту на предприятиях, и к технологическим процессам при производстве, и к контролю транспортных средств, соответствия фотографий в документах и лиц на пропускных пунктах, и решению обычных бытовых вопросов. Задача автоматизации управления приводит к проблеме создания эффективных алгоритмов и программных средств распознавания графических образов в реальном времени [1]. В настоящее время разработано большое количество систем распознавания изображений, однако разработка системы, которая выполняет те же функции, однако обладает более высокой эффективностью, выгодным экономическим решением в аспекте внедрения, обработки и производительности, по-прежнему, является актуальной задачей [2].

Вопросы решения проблем распознавания графических образов затрагиваются в работах таких российских ученых, как Тищенко И.П., Хачумов В.М., Замятина Е.Б., Журавлев Ю.И. и др.

Для разработки системы автоматического распознавания графических образов, наиболее полно отвечающей предъявляемым в настоящее время требованиям, необходимо провести анализ существующих решений и выявить проблемы, с которыми сталкиваются разработчики данных систем.

Известно, что распознавание образов можно определить как отнесение исходных данных к определенному классу с помощью выделения существенных признаков или свойств, характеризующих эти данные, из общей массы несущественных деталей. Это подразумевает решение ряда задач:

1. восприятие объектов;
2. представление исходных данных в виде результатов измерений для объекта, подлежащего распознаванию; выделение характерных признаков или свойств из полученных на первом этапе данных (предварительная обработка);
3. уменьшение количества показателей измерений за счет удаления несущественных признаков из исходного вектора (выбор признаков);
4. анализ полученных данных с учетом контекста;
5. обучение системы;

б. отыскание оптимальных решающих процедур, необходимых при идентификации и классификации.

В результате информационно-аналитического обзора уже существующих аналогов систем автоматического распознавания графических образов в аспекте решения описанных задач [3], был выделен ряд проблем, делающих процесс распознавания более затруднительным:

1. трудности анализа изображений:

- зашумленность и искажение изображений;
- различная степень освещенности сцен;
- различный масштаб изображений;
- трудность разграничения объектов при наложении их друг на друга

или схожести структуры;

2. трудности идентификации объектов:

- различный ракурс объектов;
- частичное участие объектов в сцене;
- различия между объектами, относящимися к одному и тому же классу;

3. необходимость анализа с учетом контекста;

4. выбор оптимального подхода к классификации;

5. выбор оптимальных данных для обучения системы.

Таким образом, выделены существующие проблемы, связанные с реализацией систем распознавания графических образов. На основании этих выводов ставятся и решаются задачи по разработке системы автоматического распознавания, обладающей более высокой эффективностью, выгодным экономическим решением в аспекте внедрения, обработки и производительности, чем существующие аналоги.

Список литературы

1. Хачумов В.М. Проект создания программной системы для распознавания графических образов на основе нейронных сетей. – Нейрокомпьютеры: разработка, применение N 9, 2008. –С. 52-54.
2. Романова И. В. Интеллектуальные подсистемы САПР. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008. – 62 с.
3. Миков А., Замятина Е.Б. Опыт использования методов искусственного интеллекта при разработке систем имитации // В кн.: Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (17 – 19 мая 2016 г, г. Пермь). Пермь: ПГНИУ, 2016. С. 19-24.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, СОДЕРЖАЩЕЙ ДАННЫЕ В ТАБЛИЦАХ

Киселёв Ф.В.,

Шевцов Д.В., канд. техн. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

theodoreii@yandex.ru

Распознавание образов — раздел сразу нескольких смежных дисциплин, охватывающий методы классификации и идентификации различных процессов, сигналов, ситуаций и прочих явлений, которые можно описать конечных набором признаков.

Как одна из наиболее перспективных, эта область знаний в Российской Федерации имеет как богатую и долгую историю (например, работы Ю.Л. Барабаша, Э.М. Бравермана и Ю.К. Вифанского [1–3]), так и достойное ее продолжение в настоящем (тут можно отметить победу системы распознавания лиц компании «Вокорд» на соревновании «Megaface Challenge» [4]).

Будучи частью образовательного и научно-исследовательского пространства бывшего СССР, университеты Донецка не оставались в стороне от проблем распознавания. Помимо ученых Донецкого государственного (ныне национального) университета, ими занимались коллеги из Донецкого политехнического института (ныне Донецкий национальный технический университет) [5] и Института искусственного интеллекта.

Продолжая долгие традиции донецкой (а, следовательно, и российской) научной школы, предложено рассмотреть задачу разработки системы автоматизации обработки технической документации, содержащей данные в таблицах. Задачи такого рода появляются достаточно часто, например, при автоматизации производственных процессов на предприятиях. Так, распознавание типа детали на конвейере позволяет принимать решение о том, на какую производственную линию её следует перенести в дальнейшем.

Разумеется, необходимость в такого рода системах появляется в самых различных областях.

Проблема разработки системы автоматизации обработки технической документации, содержащей данные в таблицах, относится к одной из актуальных областей распознавания зрительных образов и технического зрения. Учитывая многообразие данных, хранимых в таблицах, разработка подобной системы позволит добиться повышения точности и быстродействия во многих сферах деятельности. Хотя похожие системы распознавания уже существуют, всё ещё остаётся возможность как

усовершенствования существующих алгоритмов, так и разработки новых, специализированных под предметную область.

Очевидно, что задача распознавания данных, содержащихся в таблицах, как наследует все известные проблемы распознавания символов в целом (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 появляется вопрос о разработке новых, специфических способов распознавания данных, которые будут применяться для второго, более узкого типа задач.

При этом речь велась лишь 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 обычным рукописным текстом можно предположить, что это будут искусственные нейронные сети.

Таким образом, исследована предметная область поставленной задачи и определён круг проблем, которые необходимо решить для создания искомой системы. Основываясь на этих выводах, будут разработаны теоретические положения для разработки системы автоматизации обработки технической документации, содержащей данные в таблицах, а результатом исследования будет специализированная система обработки и анализа 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.
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. <http://megaface.cs.washington.edu/results/facescrub.html>
5. <http://science.donntu.ru/ru/it>

ФОРМАЛЬНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Максимова А.Ю., канд. техн. наук

ГУ «Институт прикладной математики и механики», г. Донецк

Ipmm.science@mail.ru

Использование информационных технологий в области идентификационной экспертизы позволяет повысить эффективность работы в лабораториях контроля качества, сократить время выполнения экспертизы и повысить ее достоверность.

Под идентификационной экспертизой (ИЭ) будем понимать изучение образца продукции специальным образом и анализ полученных данных с целью установления принадлежности этого образца к определенной группе, либо утверждения, что ни к одной из известных групп этот образец не относится. Формально данная задача может быть представлена как задача классификации: образцы продукции рассматриваются как объекты признакового пространства, а идентифицируемые группы образцов продукции – как классы образов. Примером задачи ИЭ является задача ИЭ бензинов, которая заключается в идентификации производителя и марки образца [1]. Рассмотрим особенности задачи ИЭ:

- данные поступают не систематизировано;
- классов много и они не сбалансированы;
- среди рассматриваемых образцов есть такие, которые не принадлежат ни одному из известных классов (например, фальсификаты или образцы новых классов, которые не были известны на этапе обучения);
- классы могут пересекаться;
- с течением времени классы могут добавляться и удаляться из рассмотрения.

Таким образом, задача ИЭ является **мультиклассовой задачей классификации с динамическими и пересекающимися классами.**

Постановка задачи. Образец продукции как объект реального мира e ($e \in O$) представлен в виде вектора информативных признаков:

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_m), \quad (1)$$

где $x_i = f_i(e)$, f_i –метод измерения i -го признака реального объекта для задачи идентификационной экспертизы:

$$f_i: O \rightarrow X_i, \quad (2)$$

где X_i – область допустимых значений признака, обусловленная природой исследуемого объекта и методом его измерения.

Для того, чтобы наблюдать за динамикой изменения классов образов, введем индекс времени τ , с помощью которого будем характеризовать текущую ситуацию.

Задан алфавит классов образов задачи распознавания для ситуации τ :

$$\Omega^\tau = \{\omega_j\}_{j=1}^{k^\tau}, \quad (3)$$

где ω_j – имена классов образов, а k^τ – их количество.

Известно, что некоторые классы образов в признаковом пространстве существенно пересекаются

$$\exists \omega_k, \omega_c: X_1^k \times X_2^k \times \dots \times X_m^k \cap X_1^c \times X_2^c \times \dots \times X_m^c \neq \emptyset.$$

Теория машинного обучения, которая активно развивающаяся в последнее десятилетие, включает в себя методы решения задач классификации [2]. Решать задачи ИЭ можно методами машинного обучения, при условии, что имеется репрезентативная выборка обучающих данных, в результате «анализа» которой алгоритм получает знания об общих свойствах классов образов по имеющимся примерам, то есть учиться.

Наличие пересекающихся классов, а также появление новых классов образов и таких образцов, которые ни к одному из известных классов образов не относятся, приводит к необходимости учитывать фактор неопределенности. Ряд известных подходов всегда дает точный ответ, а рассмотренный фактор неопределенности списывает как ошибку.

Необходимо проанализировать все особенности задачи и учесть временной фактор и фактор неопределенности при принятии решения. На текущий момент рассматриваемая задача без учета фактора времени уже была решена с помощью нечеткого подхода [1,3]. Дальнейшая работа заключается в создании модели алгоритма классификации, который будет учитывать динамику классов образов и особенности задачи, связанные с пересечением классов и неизвестным классом, для которого отсутствует обучающая выборка прецедентов.

Список литературы

1. Maksimova A. The Model of Data Presentation with Fuzzy Portraits for Pattern Recognition // International Journal of Computing. 2012. Vol. 11, Issue 1. P.17–24
2. Воронцов К.В. Машинное обучение (курс лекций). [Электронный ресурс]. Дата обновления: 25.05.2017. URL: [http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Машинное_обучение_\(курс_лекций,_К.В.Воронцов\)](http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Машинное_обучение_(курс_лекций,_К.В.Воронцов)) (дата обращения: 24 сентября 2017)
3. Максимова А. Ю. Применение методов нечеткого вывода в задачах классификации и кластеризации для системы контроля качества жидких нефтепродуктов // Современные проблемы математики, механики и информатики. – Харьков: Из-во «Апостроф», 2012. – С. 264 -274.

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ ПОТОКОМ

Плешкова О.А.,

Шевцов Д.В., канд. техн. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

opleshkova@mail.ru

Транспортный поток является сложной высокоуровневой системой, исследование которой требует применения современных методов моделирования, так как принципы и структура взаимодействия элементов является залогом безопасности всех участников дорожного движения.

Вопросы моделирования транспортного потока и поведения отдельных его элементов затрагиваются в работах таких авторитетных отечественных ученых, как Поспелов Д.А., Буслаев А.П., Дубелир Г.Д., Шевцов В.И., Семонов В.В., Картабаев Р.С., Еремин В.А., Бадалян А.М., Сильянов В.В., Новиков А.В., Капитанов В.А. и др. В своих работах они рассматривают вопросы организации и регулирования дорожного движения, повышения безопасности функционирования транспортной системы.

Современные тенденции развития науки и технологий, в частности автоматического управления сложными техническими системами, выдвигают на первый план вопросы частичного, а в некоторых ситуациях и полного исключения человека из процесса управления с целью повышения эффективности и безопасности функционирования транспортной системы в целом. Здесь особое внимание следует уделить развивающемуся направлению создания интеллектуальных транспортных систем.

«Интеллектуальная транспортная система (ИТС) – это система, интегрирующая современные информационные, коммуникационные и телематические технологии, технологии управления, и предназначенная для автоматизированного поиска и принятия к реализации максимально эффективных сценариев управления транспортной системой региона (города, дороги), конкретным транспортным средством или группой транспортных средств, с целью обеспечения заданной мобильности населения, максимизации показателей использования дорожной сети, повышения безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителей и пользователей транспорта» [1].

Значимой составляющей при проектировании ИТС является получение адекватных математических моделей транспортных потоков.

В связи с этим, целью работы является обширный анализ и обобщение методов математического моделирования, применяемых для решения задач управления транспортным потоком в интеллектуальных транспортных системах.

Основоположником российского направления математического моделирования в контексте закономерностей дорожного движения был русский ученый, профессор Г.Д. Дубелир, работы которого дали толчок развитию моделирования транспортных потоков на примере анализа пропускной способности магистралей и перекрестков.

В работах современных специалистов в области моделирования транспортных процессов [2] описаны различные способы регулирования дорожного движения на сложных участках дорог и скоростных магистралях, а также методы проектирования экономичных транспортных систем с высокой пропускной способностью. Методы машинной имитации движения транспортных потоков приведены в работах Р. Картабаева, В. Сильянова, Ф. Хейта. В настоящее время существует большое количество специальных систем для моделирования транспортных потоков улично-дорожной сети. Известные подходы к моделированию могут быть классифицированы в зависимости от уровня детализации изучаемого процесса.

Следует отметить, что применяемые для исследования транспортных потоков математические модели отличаются степенью решаемости задач, математической составляющей, по данным и способам представления объектов моделирования, по уровню детализации дорожного движения.

С точки зрения целей использования, Швецов В.И. [3] классифицирует модели на следующие классы: прогнозные, оптимизационные и имитационные.

Прогнозные модели позволяют определить сепарацию транспортных потоков при установленном расположении потокообразующих объектов и сформированной структуре дорожных связей. На основе существующей модели появляется возможность дать оценку состоянию участков улично-дорожной сети, рассчитать интенсивность транспортного потока, спрогнозировать перемещение транспортных средств и пассажиров между различными районами города.

Оптимизационные модели используются для решения задачи наилучшего распределения транспортных потоков, если задана исходная топология транспортной сети. На таких математических моделях строятся задачи оптимизации маршрутов и объемов перевозок, модернизация транспортной сети, количество и месторасположение стоянок и т.п.

В отличие от предыдущих моделей, имитационные модели воссоздают процесс функционирования системы во времени, причём моделируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания. Такой подход позволяет по исходным данным получить сведения о состоянии процесса в определённый момент времени, дающие возможность оценить характеристики системы.

Из вышесказанного следует, что к классу имитационных по их функциональной принадлежности можно причислить большой диапазон моделей, известных как модели динамики транспортного потока. В моделях

этой группы могут использоваться различные приемы – от имитации дорожного движения каждого отдельного транспортного средства до описания динамики функции плотности автомобильного транспорта на участках дорог.

При этом основные отрасли прикладного применения динамических имитационных моделей – усовершенствование координирования дорожного движения, оптимизация светофорного управления и др.

Таким образом, располагая достаточно обширным аппаратом математического моделирования, перед исследователем стоит задача разработки стратегии управления транспортным потоком. Следует отметить, что на локальном уровне необходимо акцентировать внимание на точности модели, хотя это и снижает скорость обработки информации, а на макроуровне управления транспортным потоком сконцентрировать усилия на показателях быстродействия модели. Это связано, прежде всего, с необходимостью моментального реагирования элементов системы управления транспортным потоком в режиме реального времени на изменения окружающей среды. Поэтому, приоритетным направлением оптимизации транспортного потока является разработка комплекса моделей управления транспортным потоком на основе автоматизированного оперативного управления в режиме реального времени, который можно обозначить как функционирования интеллектуальных транспортных систем. Такие системы должны использовать информацию с датчиков в сочетании с динамическим имитационным моделированием, перспективным направлением в котором является применение нейронных сетей.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 14813-1-2011 Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. – М.: Стандартиформ, – 2011.
2. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: Учебное пособие / А.В. Гасников и др. – М.: МЦНМО, 2012. – 376 с.
3. Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков. – М.: Автоматика и телемеханика, 2003. – № 11. – с.3–46
4. Семенов В.В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса. – М.: Изд-во: Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша, 2004. – 98 с.

МОДЕЛИ РЕШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Пирогова Д.Д.

Александрова О.В., к. физ.-мат. наук

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства
и архитектуры», г. Макеевка
pirogova.d.d-gkz-4@donnasa.ru

В данной работе рассмотрены аналитические и имитационные методы моделирования, средства моделирования систем.

Математическое моделирование не является наукой в том смысле, как мы понимаем физику, биологию, экономику и, соответственно, не подменяет их и не конкурирует с ними.

Математическое моделирование – это методология познания, конструирования, проектирования, прогноза поведения сложных систем.

В отличие от экспериментальных исследований, методы математического моделирования дают возможность относительно быстро изменять в широком диапазоне параметры, характеристики, свойства исследуемой системы, а прогресс в области компьютерных технологий позволяет преодолеть трудности аналитических методов при исследовании сложных моделей, доводить результаты до числа [1].

Математическое моделирование можно разделить на аналитическое и имитационное [2]. Для аналитического моделирования характерно то, что процессы функционирования элементов системы записываются в виде некоторых функциональных соотношений или логических условий. Исторически первым сложился аналитический подход к исследованию систем, когда ЭВМ использовалась в качестве вычислителя по аналитическим зависимостям. Анализ характеристик процессов функционирования больших систем с помощью только аналитических методов исследования наталкивается обычно на значительные трудности, приводящие к необходимости существенного упрощения моделей либо на этапе их построения, либо в процессе работы с моделью, что может привести к получению недостоверных результатов.

Поэтому в настоящее время наряду с построением аналитических моделей большое внимание уделяется задачам оценки характеристик больших систем на основе имитационных моделей, реализованных на современных ЭВМ с высоким быстродействием и большим объемом оперативной памяти. Имитационные модели подражают реальному процессу. Перспективность имитационного моделирования как метода исследования характеристик процесса функционирования больших систем, возрастает с повышением быстродействия и оперативной памяти ЭВМ, с развитием

математического обеспечения, совершенствованием банков данных и периферийных устройств для организации диалоговых систем моделирования. Это, в свою очередь, способствует появлению новых «чисто машинных» методов решения задач исследования больших систем на основе организации имитационных экспериментов с их моделями.

Достигнутые успехи в использовании средств вычислительной техники для целей моделирования часто создают иллюзию, что применение современной ЭВМ гарантирует возможность исследования системы любой сложности. При этом игнорируется тот факт, что в основу любой модели положено трудоёмкое по затратам времени и материальных ресурсов предварительное изучение явлений, имеющих место в объекте-оригинале. И от того, насколько детально изучены реальные явления, насколько правильно проведена их формализация и алгоритмизация, зависит в конечном итоге успех моделирования конкретного объекта.

Сейчас трудно указать область человеческой деятельности, где не применялось бы моделирование. Разработаны, например, модели производства автомобилей, выращивания пшеницы, функционирования отдельных органов человека, жизнедеятельности Азовского моря, последствий атомной войны. В перспективе для каждой системы могут быть созданы свои модели, перед реализацией каждого технического или организационного проекта должно проводиться моделирование.

Расширение возможностей моделирования различных классов больших систем неразрывно связано с совершенствованием средств вычислительной техники и техники связи.

При создании больших систем их компоненты разрабатываются различными коллективами, которые используют средства моделирования при анализе и синтезе отдельных подсистем. При этом разработчикам необходимы оперативный доступ к программно-техническим средствам моделирования, а также оперативный обмен результатами моделирования отдельных взаимодействующих подсистем. Таким образом, появляется необходимость в создании диалоговых систем моделирования, для которых характерны следующие особенности [2]:

1. возможность одновременной работы многих пользователей, занятых разработкой одной или нескольких систем,
2. доступ пользователей к программно-техническим ресурсам системы моделирования, включая, базы данных и знаний, пакеты прикладных программ моделирования;
3. обеспечение диалогового режима работы с различными вычислительными машинами и устройствами, включая цифровые и аналоговые вычислительные машины, установки натурального и физического моделирования, элементы реальных систем и т. п.;
4. диспетчирование работ в системе моделирования;
5. оказание различных услуг пользователям, включая обучение работе с диалоговой системой моделирования при обеспечении дружественного интерфейса.

В зависимости от специфики исследуемых объектов в ряде случаев эффективным оказывается моделирование на аналоговых вычислительных машинах (АВМ). При этом надо иметь в виду, что АВМ значительно уступают ЭВМ по точности и логическим возможностям, но по быстродействию, схемной простоте реализации, сопрягаемое с датчиками внешней информации АВМ превосходят ЭВМ или, по крайней мере, не уступают им [3].

Для сложных динамических объектов перспективным является моделирование на базе гибридных (аналого-цифровых) вычислительных комплексов (ГВК) [3]. Такие комплексы реализуют преимущества цифрового и аналогового моделирования и позволяют наиболее эффективно использовать ресурсы ЭВМ и АВМ. В ряде случаев сложность объекта не позволяет, не только построить математическую модель объекта, но и дать достаточно близкое кибернетическое описание. Поэтому перспективным является выделение наиболее трудно поддающейся математическому описанию части объекта в имитационную модель.

Список литературы

1. Коробов П.Н. Математическое программирование и моделирование экономических процессов. СПб., 2002. 364 с.
2. Кубланов М.С. Математическое моделирование. Методология и методы разработки математических моделей механических систем и процессов. Ч. I. Моделирование систем и процессов. 3-е изд., перераб. и доп.: Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2004. – 108 с.
3. Кузнецов В.Л. Математическое моделирование: Учебное пособие. – М.: МГТУГА, 2003.

УДК 004.4

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРАЗОВ ЗВУКОВЫХ ВОЛН

Помогаева Е.В.,

Блохин С.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

elenaviktorovna.ua@mail.ru

В настоящее время существует большое количество программных продуктов для визуализации образов звуковых волн (ОЗВ), которые чаще всего интегрированы в отдельные приложения, направленные для решения определенных узкоспециализированных задач. В основном, такие приложения являются коммерческими приложениями с закрытым исходным

кодом, что не позволяет осуществлять подключение различных дополнительных модулей, необходимых для исследования ОЗВ и дальнейших их преобразований.

Данная работа посвящена исследованию ОЗВ, выявлению их характерных черт. Рассматриваются различные способы представления звуковой информации в цифровом виде и алгоритмы её преобразования.

Звук – физическое явление, представляющее собой распространение в виде упругих волн механических колебаний в твёрдой, жидкой или газообразной среде. Как и любая волна, звук характеризуется уровнем сигнала (амплитудой) и частотой. Громкость звука сложным образом зависит от эффективного звукового давления, частоты и формы колебаний, а высота звука – не только от частоты, но и от величины звукового давления.

Под цифровой обработкой звука следует понимать различные преобразования звуковой информации с помощью математических операций, которые применяют к отдельным отсчетам звука или к их группам разной длины, с целью изменения каких-либо характеристик звучания. К обработке звука относятся способы создания различных звуковых эффектов, фильтрация, а также методы очистки звука от нежелательных шумов, изменения тембра и т.д. Все это огромное множество преобразований сводится, в конечном счете, к следующим основным типам: амплитудные преобразования, частотные преобразования, фазовые преобразования, временные преобразования, формантные преобразования.

В целях повышения точности представления ОЗВ составляется его динамический портрет.

Динамические портреты звукового сигнала – достаточно удачная форма представления звука, позволяющая выявить наиболее характерные свойства звуков, различительные признаки отдельных звуков и их классов.

Поставленная цель достигается тем, что амплитудно-временное представление звуковой волны разделяют на временные отрезки, представляющие собой элементарные составляющие волнового процесса и соответствующие полному колебанию функции, и преобразуют в последовательность значений длин полных колебаний и колебаний функции на них.

Предлагаемый способ преобразования амплитудно-временного представления звуковых волн может применяться при анализе и синтезе речевых сообщений. Речевой сигнал представляется в виде последовательности значений длин полных колебаний и колебаний функции на них. При таком представлении объем памяти, необходимой для хранения речевой информации по сравнению с традиционным АВП сокращается в 4 раза.

Информационное содержание, передаваемое звуковой волной может быть восстановлено путем синтеза по последовательности значений длин полных колебаний и колебаний функции на соответствующих длинах.

Также, в данной работе применяется анализ Фурье, который закладывает основы многих методов, применяющихся в области цифровой

обработки сигналов (ЦОС). Преобразование Фурье позволяет сопоставить сигналу, заданному во временной области, его эквивалентное представление в частотной области. И наоборот, если известна частотная характеристика сигнала, то обратное преобразование Фурье позволяет определить соответствующий сигнал во временной области.

Таким образом, для решения поставленной задачи был разработан программный комплекс, позволяющий записывать и воспроизводить звуковые файлы формата WAV, а также определять основные характеристики амплитудно-временного представления ОЗВ (АВПОЗВ): размах амплитуды, период одного колебания, количество локальных экстремумов и т.п.

Данный программный продукт предназначен для выполнения различных исследовательских задач, в том числе и с целью дальнейшего создания синтезатора речи.

Список литературы

1. Рабинер Л.Р. Цифровая обработка сигналов / Л.Р. Рабинер, Р.В. Шафер. – М.: Радио и связь, 1981. – 495 с.
2. Сапожков М.А. Речевой сигнал в кибернетике и связи / М.А. Сапожков. – М.: Связьиздат, 1963. – 452 с.
3. Шелепов В.Ю. Сегментация и дифонное распознавание речи: [лекции]/ В.Ю. Шелепов, А.В. Ниценко. – Донецк: ГУ «ИПИИ», 2015. – 232 с.
4. Шелепов В.Ю. Новый подход к определению границ речевого сигнала. Проблемы конца сигнала / В.Ю. Шелепов, А.В. Ниценко // Речевые технологии. – 2012. – №1. – С. 74-78.

УДК 378.147

РАЗРАБОТКА УЧЕБНЫХ КУРСОВ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ

Прокопенко Д.А.,

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

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

tutor.se2016@gmail.com

Дистанционное обучение (ДО) в XXI в. стало одной из наиболее популярных систем подготовки специалистов в различных областях знаний, интенсивно развивается в Российской Федерации [1–2] и других странах. В Федеральном законе "Об образовании в Российской Федерации" уделено большое внимание реализации образовательных программ с применением дистанционных образовательных технологий.

Необходимость в таком методе обучения обусловлена различными факторами, среди которых можно назвать потребность в интерактивном взаимодействии учеников и преподавателей, возможность образовательного взаимодействия с учащимися в период их болезни, или отсутствия по различным причинам; при заочной (экстернат) форме обучения; выполнение проектной работы; дополнительные возможности контроля знаний учащихся.

Среда ДО включает в себя электронные информационные и образовательные ресурсы, совокупность информационных технологий, телекоммуникационных технологий, соответствующих технологических средств.

При выборе системы ДО, важнейшими критериями являются функциональность, бесплатность, возможность ее использования без дополнительного оборудования и программного обеспечения, возможность преподавателю самостоятельно разрабатывать учебные курсы и проводить занятия в дистанционном формате, в том числе с использованием видеоконференций. Для учащихся это дает возможность получения знаний в любом месте при наличии компьютера, или мобильного устройства, доступа к Интернету и небольшого количества бесплатных программ.

Наиболее распространённой и популярной системой ДО сегодня является Moodle [3, 4]. Она используется в большинстве российских и зарубежных учебных заведений и де-факто является стандартом систем ДО.

Особенно привлекательными являются облачные сервисы для Moodle сайтов. Среди них выделяются облачные хостинги MoodleCloud и Gnomio. К достоинствам этих систем относятся:

- бесплатный хостинг для всех пользователей;
- бесплатное доменное имя;
- самая последняя версия Moodle, так как обновления происходят автоматически;
- для защиты от спамеров установлена система аутентификации;
- размер базы данных не ограничен;
- доступна бесплатная версия программы BigBlueButton для проведения видеоконференций.

К ограничениям относится то, что для сайта доступно максимум 200 Мб места на облачном диске. Большие файлы (видео, объемные PDF-файлы, и так далее) необходимо будет хранить на облачном сервисе типа Dropbox или Google Drive, а не загружать их непосредственно на MoodleCloud.

В Донецком национальном университете с использованием систем MoodleCloud и Gnomio разработан ряд учебных курсов по математике и информационным технологиям, включающих теоретический материал, задания для самостоятельной работы, систему контроля знаний учащихся с использованием разнообразных тестов. Многие занятия проводятся в формате видеоконференций. Эти курсы использованы в практике Открытого математического колледжа (ОМК) при факультете математики и информационных технологий (ФМИТ) Донецкого национального университета под

руководством доцента ФМИТ ДонНУ А.Л. Павлова, а также при обучении студентов специальности «Программная инженерия» факультета математики и информационных технологий Донецкого национального университета.

Таким образом, разработка учебных курсов в системе ДО является актуальной и будет продолжена для различных специальностей университета и других учебных заведений среднего и высшего образования.

Список литературы

1. Российская школа и новые информационные технологии: взгляд в следующее десятилетие/Асмолов А.Г., Семенов А.Л., Уваров А.Ю. - М.: НексПринт, 2010. – 95 с.
2. Организация современной информационной образовательной среды: методическое пособие / Захарова Т.Б., Захаров А.С., Самылкина Н.Н. и др. – М.: Прометей, 2016. – 278 с.
3. Практика электронного обучения с использованием Moodle / Андреев А. В., Андреева С. В., Доценко И. Б. - Таганрог: Изд-во. ТТИ ЮФУ, 2008. – 146 с.
4. Система дистанционного обучения MOODLE: методические указания для практических занятий: Учебное пособие / Гаевская Е.Г. — СПб.: Ф-т филологии и искусств СПбГУ, 2007. — 26 с.

УДК 519.21

ПРИМЕНЕНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КРЕДИТНЫМИ РИСКАМИ

Карташова А.С.,

Гладкова Л.А., канд. физ.- мат. наук, доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

AnastasiySer@mail.ru

Актуальность данной темы состоит в том, что для решения многих экономических задач, в сфере кредитования, применяют всевозможные методы математики и статистики. В условиях современной экономической ситуации, теория вероятностей становится неотъемлемой частью в образовании высококвалифицированных профессионалов в области экономики и финансов.

Целью исследования является выявление тесноты связи между изучаемыми объектами и определение значимости теории вероятности в сфере кредитования.

Анализ исследования темы, публикации. Отдельные аспекты применения теории вероятности в сфере кредитования в той или иной мере изучались зарубежными исследователями, такими как П. Лаплас, Г. Галилей, Б. Паскаль, Я. Бернулли. Они постепенно формировали важные понятия и основные свойства, доказывали теоремы и устанавливали связь между изучаемыми объектами. Также существенный вклад в развитие этой науки внесли и отечественные ученые, такие, как П.Л. Чебышев, А.А. Марков, А.М. Ляпунов, В. Я. Буняковский, Е. Е. Слуцкий и ряд других исследователей. С тех пор теория вероятностей находит все более широкое применение в различных областях.

Основная часть. Введение понятия теории вероятности произошло не в результате однократного действия, а заняло длительный промежуток времени, в течение которого происходило совершенствование формулировки. Классическое определение вероятности было подготовлено исследованиями П. Ферма, Б. Паскаля и Х.Гюйгенса. Итак, теория вероятности – это наука, занимающаяся изучением закономерностей массовых случайных явлений. [1] Она раскрывает закономерности, которые относятся к массовым явлениям. Эти методы не могут предсказать исход случайного явления, но могут предсказать суммарный результат. Следовательно, если мы изучим законы, которые управляют случайными событиями, то сможем при необходимости изменить ход этих событий.

Методы теории вероятностей широко применяются в различных отраслях естествознания и техники: в теории надёжности, теории массового обслуживания, в теоретической физике, геодезии, астрономии, теории стрельбы, теории ошибок наблюдений, теории автоматического управления, общей теории связи и во многих других теоретических и прикладных науках. Все это предопределяет необходимость овладения методами теории вероятностей и математической статистики как инструментом статистического анализа и прогнозирования экономических и технологических явлений и процессов. Но наиболее актуальной сферой применения теории вероятности является экономика. Поскольку, невозможно планировать, исследовать и прогнозировать экономические явления без построения экономико-математических методов, которые опираются на теорию вероятностей. [2]

В результате использования экономико-математических методов удается достигнуть более полного изучения влияния отдельных факторов на обобщающие экономические показатели деятельности организаций, уменьшение сроков осуществления анализа, повышается точность осуществления экономических расчетов, решаются многомерные аналитические задачи, которые не могут быть выполнены традиционными методами.

С развитием рыночных отношений и уверенным вхождением кредитных отношений в нашу повседневную жизнь, значительно расширилась и сфера кредитования. Одним из наиболее распространенных финансово-кредитных организаций, осуществляющих свою деятельность на основе лицензирования, является коммерческий банк. Взаимодействуя в процессе кредитования с различными субъектами рынка (государственными предприятиями, физическими и юридическими лицами) банк обладает широким выбором областей распространения кредитных услуг.

Сфера кредитования коммерческих банков: кредитование корпоративных клиентов и объектов крупного бизнеса; финансирование проектов среднего, малого бизнеса; ипотечное кредитование (в частности кредиты под залог недвижимости, на строительство, ремонт и покупку жилья и т.д.); розничные (потребительские) кредиты (к ним относятся: автокредитование, кредиты на оплату учебы, отдыха, покупки мебели и т.д. [3]).

В современное время у банков появляется серьезная опасность – это кредитный риск. Он зависит от вероятности исполнения заемщиком всех обязательств договора по объемам и срокам. Величина вероятности определяется способностью заемщика погашать кредитные обязательства.

Например, физическое лицо, которое взяло кредит, обязано его вернуть. Он делает это частями, а также оплачивает определенный процент за пользование кредитом. Через прописанный в договоре промежуток времени заемщик возвращает всю сумму, которую он брал в кредит и процент за его использование. Но существуют ситуации, когда заемщик не может выполнить все условия договора. В таком случае, если заемщик не возвратит в срок сумму займа, то на эту сумму подлежат уплате проценты со дня, когда она должна была быть возвращена, до дня её возврата займодавцу, т.е. банк компенсирует потери. Но все же, любой банк главной задачей ставит выдачу кредитов и получение из этого прибыли, а не наложение штрафов. Следовательно, для банков будет

целесообразно выдавать кредиты не кому угодно, а только тем лицам, в которых банк будет уверен, что кредит будет возвращена точно в срок и с процентами.

В этом случае возникает случайная величина – возвращен кредит или нет. Для определения надежен ли заемщик, или нет, банковская организация будет анализировать общую характеристику физического лица (уровень дохода, дополнительные источники доход, положительная кредитная история, возрастная категория, трудовая биография и т.д.). Анализ производится методами теории вероятностей и математической статистики, то есть вычисление вероятности, вычисление среднего, дисперсии и т.д.

Рассмотрим задачу на определение кредитной ставки.

Кредитная организация М выдает кредит 1 000 000 рублей на 365 дней (1 год). Вероятность не погашения ссуды 1 %. Какой размер процентной ставки необходимо установить, чтобы получить прибыль?

Процентную ставку обозначим p ($100p$ %). Доход кредитной организации – случайной величиной, потому что заёмщику необходимо вернуть кредит вместе с процентами, при этом он может его не возратить. Составим закон распределения:

p	-1
0,99	0,01

P – это ситуации возвращения кредита с процентами, так что банк получает прибыль p млн руб. Вероятность возвращения 99 %, 1 % невозврата, когда банк теряет 1 000 000 рублей, обозначаем как доход равный -1 . Найдем математическое ожидание: $0,99p - 0,01$ (при выдаче большого количества кредитов математическое ожидание равно среднему). Тогда, решив неравенство $0,99p - 0,01 > 0$, мы придем к тому, что, $p > 1/99$ следовательно, ставка процента по кредиту должна быть выше чем 1% ($100/99$).

Следует отметить, что главной опасностью при выдаче кредита является вероятность того, что заёмщик не сможет своевременно погасить свои обязательства, или вернуть их не в полном размере, или не возратить полностью.

Вывод. В современных условиях рыночной экономики, в ситуации связанной с экономическими рисками максимальную прибыль получает умеющий рассчитать, заметить и распознать кредитные риски, спрогнозировать их и минимизировать. Это главная причина успешности банка в кредитно-денежной политике. Если банковская организация, будет правильно анализировать все статистические денежные характеристики клиента, то банк способен не только охарактеризовать кредитоплатежность фирмы, но и рассчитать вероятность погашения долга заемщика. Ведь управление кредитным риском — это ключевой фактор, определяющий эффективность деятельности банка.

Список литературы

1. Ахметжанова Г.В. Теоретический материал по модулям «Теория вероятности и математическая статистика»: учебно-методический материал для студента// Ахметжанова Г.В., Кошелева Н.Н., Павлова Е.С. – Тольятти: ТГУ, 2008 – С. 114.
2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1997.
3. Коннова Д.А. Взаимодействие математики с экономикой / Коннова Д.А., Леликова Е.И., Мелешко С.В. // Современные наукоемкие технологии. 2014. – № 5-2. – С. 159-161.

ОБ ОЦЕНКЕ НЕИЗВЕСТНОГО ПАРАМЕТРА В СЛАБОМ СИГНАЛЕ

Курилина Ю.О.,

Бондарев Б.В., д-р физ.-мат. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

netakayainesamaya@gmail.com

Рассматривается следующая задача: наблюдается $\xi_{\theta_0}^{\varepsilon, T} = \{ \xi_{\theta_0}^{\varepsilon}(t) : 0 \leq t \leq T \}$, где $\xi_{\theta_0}^{\varepsilon}(t)$ – траектория решения стохастического дифференциального уравнения с малым параметром при коэффициенте сноса

$$d\xi_{\theta_0}^{\varepsilon}(t) = \varepsilon A(\theta_0, \eta(t))dt + B(\eta(t))dW_1(t), \xi_{\theta_0}^{\varepsilon}(0) = \xi_0, \quad (8)$$

где $W_1(s)$ – стандартный винеровский процесс, $\eta(t), t \geq 0$ – нестационарное решение стохастического дифференциального уравнения [1]

$$d\eta(t) = -\mu\eta(t)dt + dZ(t) + \sigma dW(t), \eta(0) = x, \quad (9)$$

где $W(t)$ – стандартный винеровский процесс, $Z(t) = \sum_{k=1}^{\nu(t)} \eta_k$ – сложный процесс

Пуассона; η_1, η_2, \dots – последовательность независимых, одинаково распределенных случайных величин с функцией распределения $P\{\eta_k < x\} = F(x)$, однородный пуассоновский процесс $\nu(t)$ такой, что $M\nu(t) = \lambda t, \lambda > 0$. Предполагается, что величины $\eta_k, W(t), \nu(t)$ – взаимно независимые, $\mu > 0, M\eta_k = a$. Как показано в [1] $F(x)$ – эргодическое распределение процесса $\eta(t)$ существует и является сверткой распределений указанных независимых между собой случайных величин ξ и χ .

В [2] получена оценка скорости сходимости к эргодическому распределению вида

$$\sup_y |P(\eta(t) < y) - F(y)| \leq C_1 e^{-C_2 t}, \quad (10)$$

постоянные $C_1 > 0, C_2 > 0$ выписаны в явном виде.

Далее $\varepsilon > 0$ - малый параметр, коэффициент сноса $A(\theta_0, x)$ 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. Поставлена следующая задача: неизвестный параметр θ_0 надлежит оценить по $\xi_{\theta_0}^{\varepsilon, T/\varepsilon^2}$ - наблюдаемой на промежутке времени $[0, T/\varepsilon^2]$ траектории решения уравнения (1) $\theta_\varepsilon - \delta_\varepsilon < \theta_0 < \theta_\varepsilon + \delta_\varepsilon$, 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 $\varepsilon \xi_{\theta_0}^{\varepsilon}(t/\varepsilon^2), 0 \leq t \leq T$, где $\xi_{\theta_0}^{\varepsilon}(t)$ – решение задачи (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 $d\bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(t) = \bar{A}(\theta_0)dt + \bar{B}d\tilde{W}_\varepsilon(t), \bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(0) = 0$,

где $\bar{A}(\theta_0), \bar{B}$ коэффициенты выражаются через $A(\theta, x), B(x)$ коэффициенты уравнения(1), $\tilde{W}_\varepsilon(t)$ – семейство стандартных винеровских процессов.

Теорема 1. Пусть выполнено условие (3), а

$$|A(\theta, x)| \leq C < +\infty, B^2(x) \leq C < +\infty, \bar{B}^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} B^2(x) dF(x), \bar{B} = \sqrt{\bar{B}^2},$$

$$\bar{A}(\theta) = \int_{-\infty}^{+\infty} A(\theta, x) dF(x), M |\xi_0|^2 \leq C < +\infty$$

тогда справедлива оценка

$$\sup_{0 \leq t \leq T} M \left| \bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(t) - \varepsilon \xi_{\theta_0}^{\varepsilon}(t/\varepsilon^2) \right| \leq \sqrt{\varepsilon} \sqrt{T} C_3, C_3 = \sqrt{3} \left(C + \frac{4C^2 C_1}{C_2} + \left(\frac{4C^2 C_1}{C_2} \right)^{1/2} \right). \quad (11)$$

Теорема 2. Пусть выполняются условия теоремы 1 и к тому же для $\bar{A}(\theta)$ справедливо неравенство

$$\inf_{|x| > R} |\bar{A}(\theta_0 + x) - \bar{A}(\theta_0)| \geq \tilde{C} |x|^\delta, 0 \leq \delta \leq 1, \tilde{C} > 0, \theta_0 \in Q, (\theta_0 + x) \in Q,$$

тогда если справедливо то $\tilde{C} R^\delta T^{(1-\delta)/2} - \gamma(\varepsilon) \geq 1$, для достаточно малого $\varepsilon > 0$ будем иметь

$$P \left\{ \sqrt{T} |\theta_\varepsilon^T - \theta_0| > R \right\} \leq \frac{\sqrt{\varepsilon} C_3}{\gamma(\varepsilon)} + \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{\sqrt{K}}{\tilde{C} R^\delta T^{1-\delta/2} - \sqrt{T} \gamma(\varepsilon)} \exp \left\{ - \frac{\left[\tilde{C} R^\delta T^{1-\delta/2} - \sqrt{T} \gamma(\varepsilon) \right]^2}{2K} \right\},$$

где C_3 определено в (3), θ_ε^T -оценка максимального правдоподобия.

Доказательство. Заметим, что процесс $\bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(t)$ будет гауссовским со средним $\bar{A}(\theta)t$ и дисперсией $M \bar{B}^2 \tilde{W}_\varepsilon^2(t) = \bar{B}^2 t$, откуда

$$\sqrt{T} \left[\frac{\bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(T)}{T} - A(\theta_0) \right] \frac{1}{\bar{B}} \sim N(0, 1), \theta_\varepsilon^T = \arg \min_{\theta \in Q} \left[\frac{\bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(T)}{T} - A(\theta) \right]^2 -$$

оценка максимального правдоподобия. Действительно

$$\theta_\varepsilon^T = \arg \max_{\theta \in Q} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\sqrt{T} \left[\frac{\bar{\xi}_{\theta_0}^\varepsilon(T)}{T} - A(\theta_0) \right] \frac{1}{B} \right]^2 \right\} = \arg \min_{\theta \in Q} \left[\frac{\bar{\xi}_{\theta_0}^\varepsilon(T)}{T} - A(\theta) \right]^2.$$

Оценка $\tilde{\theta}_\varepsilon^T$ квазимоксимального правдоподобия, как нетрудно заметить имеет вид:

$$\tilde{\theta}_\varepsilon^T = \arg \left[\frac{\varepsilon \bar{\xi}_{\theta_0}^\varepsilon(T/\varepsilon^2)}{T} = A(\theta) \right], A(\theta_0) = \left[\frac{\bar{\xi}_{\theta_0}^\varepsilon(T)}{T} - \frac{\xi \bar{B}}{\sqrt{T}} \right], \xi \sim N(0,1).$$

Тогда

$$\begin{aligned} P \left\{ |\tilde{\theta}_\varepsilon^T - \theta_0| > R/\sqrt{T} \right\} &= P \left\{ \tilde{C} |\tilde{\theta}_\varepsilon^T - \theta_0|^\delta > \tilde{C} R^\delta / T^{\frac{\delta}{2}} \right\} = P \left\{ |A(\tilde{\theta}_\varepsilon^T) - A(\theta_0)| > \tilde{C} R^\delta T^{-\frac{\delta}{2}} \right\} = \\ &= P \left\{ \left| \frac{\varepsilon \bar{\xi}_{\theta_0}^\varepsilon(T/\varepsilon^2)}{T} - \left[\frac{\bar{\xi}_{\theta_0}^\varepsilon(T)}{T} - \frac{\xi \bar{B}}{\sqrt{T}} \right] \right| > \tilde{C} R^\delta T^{-\frac{\delta}{2}} \right\} \leq P \left\{ \left| \frac{\varepsilon \bar{\xi}_{\theta_0}^\varepsilon(T/\varepsilon^2)}{\sqrt{T}} - \frac{\bar{\xi}_{\theta_0}^\varepsilon(T)}{\sqrt{T}} \right| + \bar{B} |\xi| > \tilde{C} R^\delta T^{\frac{1-\delta}{2}} \right\} \leq \\ &\leq P \left\{ \left| \varepsilon \bar{\xi}_{\theta_0}^\varepsilon(T/\varepsilon^2) - \bar{\xi}_{\theta_0}^\varepsilon(T) \right| > \sqrt{T} \gamma(\varepsilon) \right\} + P \left\{ |\xi| > \frac{\tilde{C} R^\delta T^{\frac{1-\delta}{2}} - \sqrt{T} \gamma(\varepsilon)}{\sqrt{K}} \right\} \end{aligned}$$

Откуда с учётом оценки (4) и элементарного неравенства для модуля гауссовской величины имеем утверждение теоремы 2.

Список литературы

1. Закусило О.К., Лисак Н.П. Про одну систему массового обслуговування з послідовним обслуговуванням. // Теорія ймовірностей та математична статистика. – Вип. 72. – С. 24-29.
2. Сенаторов О.С. Оценка скорости сходимости процесса Орнштейна-Уленбека со скачками к эргодическому распределению. // Прикладна статистика. Актуарна та фінансова математика. – 2012. – № 2. – С. 165-169
3. Бондарев Б.В., Ковтун Е.Е. Оценка скорости сходимости в обыкновенных дифференциальных уравнениях, находящихся под воздействием случайных процессов с быстрым временем. // Украинский математический журнал. – 2005. – Т. 57. – № 4. – С. 435-457.

**ПРО БОЛЬШИЕ ОТКЛОНЕНИЯ ПРИ УСРЕДНЕНИИ В КРАЕВОЙ
ЗАДАЧЕ ДЛЯ ОБЫКНОВЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО
УРАВНЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА, НАХОДЯЩЕГОСЯ ПОД
ВОЗДЕЙСТВИЕМ БЫСТРЫХ СЛУЧАЙНЫХ ОСЦИЛЛЯЦИЙ**

Майорова С.А.,

Бондарев Б.В., д-р физ.-мат. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

svetlana_mayorova@mail.ru, bondarev.mart@gmail.com

Усреднению в системах стохастических эллиптических уравнений, а также оценке скорости сходимости в принципе усреднения в эллиптических системах с быстрыми осцилляциями посвящены работы многих авторов [1–8]. 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.

Найдены ограничения на коэффициенты операторов, которые обеспечивают приближение решений уравнений в частных производных с быстроосциллирующими по пространственной переменной случайными коэффициентами с решением усредненного уравнения. Естественно встает вопрос о скорости сходимости решений усредненных систем (которые, как правило, являются детерминированными).

В данных анонсированы результаты об оценке скорости сближения решения исходного обыкновенного 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 $[0,1]$ краевую задачу

$$\frac{d}{dx} \left(K \left(\xi \left(\frac{x}{\varepsilon} \right) \right) \frac{dU_\varepsilon}{dx} \right) = f(x) + \frac{1}{\sqrt{\varepsilon}} \eta \left(\frac{x}{\varepsilon} \right), U_\varepsilon(0) = U_\varepsilon(1) = 0; \quad (1)$$

где $\varepsilon > 0$ – малый параметр, случайный процесс $\xi(t)$ – решение стохастического уравнения

$$d\xi(t) = a(\xi(t))dt + \sigma(\xi(t))dW(t), \xi(0) = \xi_0, \quad (2)$$

коэффициенты которого удовлетворяют условиям:

- 1) являются периодическими с периодом 1 неслучайными функциями, которые удовлетворяют глобальному условию Липшица

$$|a(x) - a(y)| \leq L|x - y|, |\sigma(x) - \sigma(y)| \leq L|x - y|, L > 0;$$

2) имеют производные первого порядка $\alpha'(x), \sigma'(x)$, удовлетворяющие условию Гельдера;

3) функции $\alpha(x), \sigma(x), \alpha'(x), \sigma'(x)$ таковы, что

$$\alpha(x) = \alpha(x+1), \sigma(x) = \sigma(x+1), |\alpha(x)| \leq K < +\infty, 0 < \lambda \leq \sigma^2(x) \leq K < +\infty,$$

$$|\alpha'(x)| + |\sigma'(x)| \leq K < +\infty.$$

Пусть

$$\rho(x) = G_0(x) \left[\int_0^1 G_0(y) dy \right]^{-1},$$

$$G_0(x) = \frac{2}{(1 + \mathcal{G}(1))\sigma^2(x)\mathcal{G}(x)} \left[\mathcal{G}(1) \int_0^x \mathcal{G}(y) dy + \int_x^1 \mathcal{G}(y) dy \right].$$

Функции $K(x), f(x)$ – неслучайные периодические с периодом 1 функции такие, что

$$0 < K_0 \leq K(x) \leq K_1 < +\infty, K(x+1) = K(x); \int_0^1 f^2(x) dx \leq f_0 < +\infty.$$

Стационарный в узком смысле случайный процесс $\eta(t), t \geq 0$, такой, что $\frac{1}{\sqrt{\varepsilon}} \eta\left(\frac{x}{\varepsilon}\right)$ является «физическим» белым шумом, то есть допускает представление Чикина [9]

$$\int_0^t \frac{1}{\sqrt{\varepsilon}} \eta\left(\frac{x}{\varepsilon}\right) dx = W_\varepsilon(t) + \rho_\varepsilon(t), P\left\{ \sup_{0 \leq t \leq 1} |\rho_\varepsilon(t)| > \delta_\varepsilon \right\} \leq \gamma_\varepsilon$$

где $\delta_\varepsilon \rightarrow 0, \gamma_\varepsilon \rightarrow 0$ при $\varepsilon \rightarrow 0$ выписаны в явном виде, а $W_\varepsilon(t)$ – стандартный винеровский процесс. В дальнейшем в качестве $\eta(t)$ будет взят классический стационарный процесс Орнштейна-Уленбека с параметрами γ, σ

$$d\eta(t) = -\gamma\eta(t)dt + \sigma dW(t).$$

Наряду с задачей (1) рассмотрим такую «усредненную» задачу

$$\bar{k} \frac{d^2 U_0}{dx^2} = f(x), U_0(0) = U_0(1) = 0, \bar{k} = \left(\int_0^1 \frac{\rho(x)}{K(x)} dx \right)^{-1}.$$

$U_0(x)$ – решение усредненной задачи, выписывается в явном виде

$$U_0(x) = \frac{x}{k} \int_0^x (1-y) f(y) dy + \frac{1-x}{k} \int_x^1 (1-y) f(y) dy.$$

Пусть [10] $G_\varepsilon(x, y)$ – функция Грина для данной задачи (1), $U_\varepsilon^1(x)$ – случайный процесс вида

$$U_\varepsilon^1(x) = U_0(x) + \varepsilon \int_0^{x/\varepsilon} \left(\frac{\bar{k}}{K(\xi(t))} - 1 \right) dt \left[\frac{dU_0}{dx} - \frac{1}{k} \int_0^1 (1-y) f(y) dy \right] + \int_0^1 G_\varepsilon(x, y) dW_\varepsilon(y),$$

Теорема. Пусть выполнены условия 1), 2), 3), тогда справедлива оценка

$$P\left\{\sup_{0 \leq x \leq 1} |U_\varepsilon(x) - U_\varepsilon^1(x)| \geq \sqrt[4]{\varepsilon}\right\} \leq \gamma_\varepsilon,$$

где $\gamma_\varepsilon \rightarrow 0, \varepsilon \rightarrow 0$ выписано в явном виде.

Список литературы

1. Козлов С.М. Осреднение случайных структур // Докл. АН СССР. – 1978. – 241, № 5. – С. 1016-1019.
2. Жауров Ю.В. Асимптотика флуктуаций в схеме усреднения для эллиптических уравнений со случайными коэффициентами // Теория случайн. процессов. – 1983. – Вып. 11. – С. 31-38.
3. Пожидаев А.В. Скорость сходимости в принципе усреднения для эллиптических уравнений со случайными коэффициентами // Теория случайн. процессов. – 1984. – Вып. 12. – С. 59-63.
4. Пожидаев А.В., Бринский В.В. О погрешности усреднения симметричных эллиптических систем // Изв. АН СССР. Сер. математики. – 1989. – 53, № 4. – С. 851-867.
5. Бахвалов Н.С., Панасенко Г.П. Усреднение процессов в периодических средах / Н.С. Бахвалов, Г.П. Панасенко. – М.: Наука, 1984. – 352 с.
6. Бондарев Б.В. Об усреднении в периодических средах при слабо зависимых случайных взаимодействиях. I // Теория вероятностей и мат. статистика. – 1991. – № 45. – С. 12-20.
7. Бондарев Б.В. Про усереднення в періодичних середовищах при слабо залежних випадкових впливах. II // Теорія ймовірностей та математична статистика. – 1992. – Вип. 46. – С. 18-24.
8. Bensoussan A. Asymptotic analysis of periodic structures / A. Bensoussan, J.-L. Lions, G. Papanicolaou. – North-Holland Publishing Company. – 1978. – 700 p.
9. Чикин Д.О. Функциональная предельная теорема для стационарных процессов: мартингальный подход / Д.О. Чикин // Теория вероятностей и ее применения. – 1989. – Т. 14, № 4. – С. 731-741.
10. Забрейко П.П. Интегральные уравнения / П.П. Забрейко, А.И. Кошелев, М.А. Красносельский и др. – М.: Наука, 1968. – 448 с.

УДК 336.7

БАЙЕСОВСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНИВАНИЮ ДОВЕРИТЕЛЬНОГО СТРАХОВОГО ВЗНОСА

Максимкина А.Ю.,

Дзундза А.И., д-р пед. наук., проф.,

ГОУ ВПО “Донецкий национальный университет”, г. Донецк

dzai@i.ua

Одной из важных проблем в страховании является проблема оценивания доверительного страхового взноса. Страховая компания стоит перед проблемой, когда имеется накопленная другими компаниями информация об аналогичных рисках, с одной стороны, и собственные статистические данные по изучаемому риску, с другой. Компания может использовать только

собственный опыт работы с наблюдаемым риском или воспользоваться только информацией, полученной другими страховыми компаниями о подобных рисках.

Байесовский подход позволяет объединить два вида информации о наблюдаемом риске, для того чтобы рассчитать оптимальный страховой взнос для группы рисков по портфелю с изменяющимся объемом p_j с помощью модели Бюльмана-Штрауба. Размер доверительного страхового взноса определяется по выборке наблюдений над случайными совокупными размерами требований о выплате и статистическим данным о размерах требований выплат на один договор за n лет:

$$\text{доверительный взнос} = Z\bar{X} + (1 - Z)E[m(\theta)],$$

где величина $Z = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{\sum_{i=1}^n p_i + \frac{E[s^2(\theta)]}{V[m(\theta)]}}$, $0 < Z < 1$ – коэффициент доверия, который

является мерой того, насколько надежным считает страховая компания прямые данные о риске, \bar{X} – средневзвешенное значение выборки наблюдений по объему рисков, $E[m(\theta)] = \bar{x}$ – оценка ожидаемого среднего значения совокупных размеров требований выплат, а

$$E[s^2(\theta)] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^n \frac{p_{i,j}(x_{i,j} - \bar{x}_i)^2}{n-1} \right) \text{ и}$$

$$V[m(\theta)] = \frac{1}{p^*} \left[\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n \frac{p_{i,j}(x_{i,j} - \bar{x})^2}{n-1} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^n \frac{p_{i,j}(x_{i,j} - \bar{x}_i)^2}{n-1} \right) \right] -$$

оценки внутририсковой и межрисковой дисперсии соответственно.

Построены оценки в моделях Нормальное/Нормальное, Пуассон/Экспоненциальное, Геометрическое/Бета.

Список литературы

1. Карри И. Прикладная статистика: Перевод с английского – Кемерово: КузбассВУЗИздат, 1994. – 181 с.

УДК 519.21

О ДОВЕРИТЕЛЬНОМ ИНТЕРВАЛЕ ДЛЯ НЕИЗВЕСТНОГО ПАРАМЕТРА ПРИ КОЭФФИЦИЕНТЕ СНОСА УРАВНЕНИЯ, ВОЗМУЩЕННОГО ВИНЕРОВСКИМ ПОЛЕМ

Мельничук Н.Ю.,

Бондарев Б.В., д-р физ.-мат. наук, проф.,

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

nata-250396@yandex.ru

Рассматривается процесс $X(t, s), 0 \leq t \leq T, 0 \leq s \leq S$ – решение дифференциального уравнения

$$X_{\theta_0}(dt, ds) = \theta_0 a(t, s, X_{\theta_0}(t, s)) dt ds + W(dt, ds), X_{\theta_0}(dt, 0) = X_{\theta_0}(0, ds) \equiv 0, \quad (1)$$

неизвестный параметр $\theta_0 \in Q$ – некоторому параметрическому ограниченному множеству, тогда $W(t, s), (t, s) \in [0, T] \times [0, S]$ – стандартное винеровское поле, то есть имеется решение уравнения

$$X_{\theta_0}(dt, ds) = \theta_0 a(t, s, X_{\theta_0}(t, s)) dt ds + W(dt, ds), X_{\theta_0}(0, s) = X_{\theta_0}(t, 0) \equiv 0 \quad (2)$$

Предполагается, что наблюдается траектория $X_{\theta_0}^{T,S} = \{X_{\theta_0}(t, s) : 0 \leq t \leq T, 0 \leq s \leq S\}$.

Поставлена следующая задача: по наблюдению за этой траекторией требуется построить интервал накрытия неизвестного параметра θ_0 с гарантированной вероятностью накрытия. Ширина этого интервала и вероятность накрытия будут функциями T, S . Интервал накрытия для неизвестного параметра $\theta_0 \in Q$ будет построен на основании соответствующих экспоненциальных оценок больших уклонений [1].

В качестве оценки неизвестного параметра θ_0 возьмём величину

$$\theta_{T,S} = \left[\int_0^T \int_0^S a^2(t, s, X_{\theta_0}(t, s)) dt ds \right]^{-1} \left[\int_0^T \int_0^S a(t, s, X_{\theta_0}(t, s)) X_{\theta_0}(dt, ds) \right] \quad (3)$$

Пусть существуют такие K, C что

$$|a(t, s, x)| \leq C < +\infty, |\theta_0| \leq K < +\infty$$

тогда
$$\sqrt{TS}[\theta_{T,S} - \theta_0] = \left[\frac{1}{TS} \int_0^T \int_0^S a^2(t, s, X_{\theta_0}(t, s)) dt ds \right]^{-1} \left[\frac{1}{\sqrt{TS}} \int_0^T \int_0^S a(t, s, X_{\theta_0}(t, s)) W(dt, ds) \right] \quad (4)$$

Подставляя (3) в (4), имеем

$$\theta_{T,S} - \theta_0 = \left[\int_0^T \int_0^S a^2(t, s, X_{\theta_0}(t, s)) dt ds \right]^{-1} \int_0^T \int_0^S a(t, s, X_{\theta_0}(t, s)) W(dt, ds) \quad (5)$$

Из (5) имеем

$$\begin{aligned} & P\left\{ \sqrt{TS} |\theta_{T,S} - \theta_0| > R \right\} \leq \\ & \leq P\left\{ \left[\frac{1}{TS} \int_0^T \int_0^S a^2(t, s, X_{\theta_0}(t, s)) dt ds \right]^{-1} \left| \frac{1}{\sqrt{TS}} \int_0^T \int_0^S a(t, s, X_{\theta_0}(t, s)) W(dt, ds) \right| > R \right\} \end{aligned}$$

Пусть

$$\begin{aligned} \rho^+(T, S) &= \exp \left\{ \frac{z}{\sqrt{TS}} \int_0^T \int_0^S a(t, s, X_{\theta_0}(t, s)) W(dt, ds) - \frac{z^2}{TS} \int_0^T \int_0^S a^2(t, s, X_{\theta_0}(t, s)) dt ds \right\}, \\ \rho^-(T, S) &= \exp \left\{ -\frac{z}{\sqrt{TS}} \int_0^T \int_0^S a(t, s, X_{\theta_0}(t, s)) W(dt, ds) - \frac{z^2}{TS} \int_0^T \int_0^S a^2(t, s, X_{\theta_0}(t, s)) dt ds \right\}, \end{aligned}$$

Учитывая, что $M \rho^+(T, S) = M \rho^-(T, S) = 1$ [3], получаем оценку:

$$P\left\{ \sqrt{TS} |\theta_{T,S} - \theta_0| > R \right\} \leq 2 \exp \left\{ -\left(Rz - \frac{z^2}{2} \right) \rho \right\} + P\left\{ \frac{1}{TS} \int_0^T \int_0^S a^2(t, s, X_{\theta_0}(t, s)) dt ds < \rho \right\} \quad (6)$$

Минимизируя правую часть (6) по $0 < z < +\infty$, имеем при $z^* = R$ оценку:

$$P\left\{\sqrt{TS}|\theta_{T,S} - \theta_0| > R\right\} \leq 2 \exp\left\{-\frac{R^2}{2}\rho\right\} + P\left\{\frac{1}{TS} \int_0^T \int_0^S a^2(t,s, X_{\theta_0}(t,s)) dt ds < \rho\right\} \quad (7)$$

Пусть выполнено $a^2(t,x) \geq \rho > 0$, тогда из (7) при $\rho > \gamma$ имеем

$$P\left\{\sqrt{TS}|\theta_{T,S} - \theta_0| > R\right\} \leq 2 \exp\left\{-\frac{R^2}{2}\gamma\right\} \quad (8)$$

Из (8) следует, что выбором достаточно большого $R > 0$ правую часть (8) сделаем меньше, чем некоторое наперед заданное достаточно малое $\chi > 0$. Тогда с вероятностью, не меньшей, чем $1 - \chi$, имеем

$$\sqrt{TS}|\theta_{T,S} - \theta_0| \leq R \rightarrow \theta_{T,S} - \frac{R}{\sqrt{TS}} \leq \theta_0 \leq \theta_{T,S} + \frac{R}{\sqrt{TS}}.$$

Список литературы

1. Бондарев Б.В. Довірчий інтервал для невідомого параметра при коефіцієнті зносу рівняння, збуреного «фізичним» білим шумом / Б.В. Бондарев, С.М. Козир // Прикладна статистика. Актуарна та фінансова математика. – 2007, – №2. – С. 88-101.
2. Бондарев Б.В. Неравенства больших уклонений для оценок неизвестных параметров в стохастических системах / Б.В. Бондарев, А.А. Симогин // Кибернетика и системный анализ. – 1994. – №2. – С. 95-112.
3. Гихман И.И. Стохастические дифференциальные уравнения / И.И. Гихман, А.В. Скороход. – К.: Наукова Думка. – 1968. – 354 с.
4. Бондарев Б.В. Новый метод построения доверительного интервала для параметра процесса Орнштейна-Уленбека / Б.В. Бондарев, М.Ю. Петранова // Прикладна статистика. Актуарна та фінансова математика. – 2014. – №1. – С.58-63.

УДК 519.21

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СТАТИСТИК

Пола А.В.,

Бондарев Б.В., д-р физ.-мат. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

naisy93@mail.ru

Работа посвящена проверке гипотез относительно распределения выплат страховой компании, работающей на (B, S) – рынке. Предполагается, что выплаты происходят в случайные моменты времени, промежутки между выплатами независимы и описываются показательным законом распределения с параметром λ , т. е. суммарное число выплат описывается процессом Пуассона. Рассматривается 3 случая:

1) Гипотеза относительно $F(x)$ полностью определена, т. е. отсутствуют неизвестные параметры. По случайному числу $Z(T)$ случайных наблюдений $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_{Z(T)}$, где η_i – величины выплат, $i = 1, \dots, Z(T)$, проверяется гипотеза о том, что функция распределения выплаты совпадает с функцией $F(x)$.

2) Функция распределения выплат принадлежит некоторому параметрическому множеству $F(x, \theta_0), \theta_0 \in Q$ (семейству распределений, где есть неизвестный параметр). По наблюдениям $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_{2n}, 2n \leq T$, проверяется гипотеза о том, что распределение выплаты принадлежит некоторому параметрическому семейству. Для решения этой задачи мы используем метод Дурбина, согласно которому, неизвестный параметр θ_0 оценивается по половине выборки, т. е. получим оценку максимального правдоподобия θ_n , а эмпирическая функция распределения строится по всей выборке.

3) Функция распределения выплат $F(x, \theta_0), \theta_0 \in Q$ принадлежит семейству распределений, где есть неизвестный параметр, число наблюдений V_n – пуассоновская случайная величина с параметром λ . Требуется проверить, что предельное распределение не будет зависеть от параметра и будет совпадать с классическим. Пользуемся аналогом метода Дурбина, т.е. строим оценку максимального правдоподобия $\hat{\theta}_{V_n/2}$, полученную по половине выборки. Требуется показать, что в пределе останется классическая статистика Каца. Предполагается найти оценку скорости сходимости в задаче Дж. Дурбина, а также решить аналогичную задачу для статистики Каца.

Для проверки гипотезы относительно распределения выплат страховой компании использована статистика Каца: $K(T) = \sup_{0 \leq t \leq 1} \left| \frac{Z(Tt) - t\lambda T}{\sqrt{\lambda T}} \right|$. Для распределения модуля статистики Каца получены оценки сверху и снизу.

Полученные анонсированные в тезисах результаты входят в круг интересов школы академика РАН Боровкова А.А., г. Новосибирск.

Список литературы

1. Борисов И.С. О скорости сходимости в «условном» принципе инвариантности / И.С. Борисов // Теория вероятностей и её применения. – 1978. – Т.23. – Выпуск 1. – С. 67-79.
2. 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.
3. Королюк В.С., Боровских Ю.В. Аналитические проблемы асимптотики вероятностных распределений. / В.С. Королюк, Ю.В. Боровских – Киев: Наукова думка. – 1981. – 240 с.

4. Саханенко А.И. О точности нормальной аппроксимации в принципе инвариантности. / А.И. Саханенко // Труды. Ин-та математики СО АН СССР. – 1989. – Т.13. – С. 40-66.
5. Саханенко А.И. Оценки в принципе инвариантности. / А.И.Саханенко // Труды. Ин-та математики СО АН СССР. – 1985. – Т.5. – С. 27-44.
6. Саханенко А.И. Скорость сходимости в принципе инвариантности для разнораспределённых величин с экспоненциальными моментами. / А.И. Саханенко // Труды. Ин-та математики СО АН СССР. – 1984. – Т.3. – С. 4-49.
7. Такач Л. Комбинаторные методы в теории случайных процессов. / Л. Такач – М.: Мир. – 1971. – 273 с.
8. Durbin J. Distribution Theory for Tests based on the Sample Distribution Function. / J. Durbin. – Philadelphia: Society of Industrial and Applied Mathematics. – 1973b. – 290 p.
9. Durbin J. // Kolmogorov-Smirnov tests when parameters are estimated with applications to tests of exponentiality and tests on spacings. *Biometrika*. – 1965b. – P. 5-22.
10. Durbin J. Weak convergence of the sample distribution function when parameters are estimated. / J. Durbin. // *Ann. Statist.* – 1973a. – P. 279-290.
11. Кас М. On the distributions of certain Wiener functionals / М. Кас – 1949. – P. 1-13.

УДК 519.23

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Ратникова А.Н.,

Шурко Г.К., к-т. физ.-мат. наук., доц.

ГОУ ВПО “Донецкий национальный университет”, г. Донецк
gennady.shurko@mail.ru, anka2022@bk.ru

Получены экспериментальные данные по итогам наблюдений над процессом выплавки стали на металлургическом предприятии.

В стандартный технологический процесс была внедрена новая технология, в соответствии с которой в печь были установлены пластины, которые воздействовали магнитным полем на содержимое печи для улучшения перемешивания.

Процесс плавки проводился по двум технологиям: стандартной (без воздействия магнитным полем) и новой (с воздействием магнитным полем).

Наблюдения включают в себя следующие данные: в качестве результирующего фактора выступает вес металла после слива Y , полученного в результате плавки, произведенной по стандартной технологии, и вес металла после слива Z , полученного в результате применения новой технологии. В качестве независимых факторов выступают: X_1 – расход O_2 , X_2 – расход $FeSi$, X_3 – количество CaO , X_4 – количество шихты, X_5 – вес полупродукта, X_6 – процент содержания легирующих добавок.

На основании имеющихся экспериментальных данных по двум плавкам были построены две многофакторные линейные регрессионные модели [1]:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3 + a_4 \cdot X_4 + a_5 \cdot X_5 + a_6 \cdot X_6,$$

$$Z = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_4 \cdot X_4 + b_5 \cdot X_5 + b_6 \cdot X_6.$$

Проведено исследование моделей на адекватность имеющимся экспериментальным данным [2], проведено ранжирование факторов (выделены наиболее значимые и наименее значимые факторы).

Список литературы

1. Елисеева И.И. Эконометрика: учебник/И.И. Елисеева, С.В. Курышева, Т.В. Костеева и др.; под ред. И.И. Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 576 с. – С. 120-124.
2. Кремер Н.Ш. Эконометрика: учебник для вузов/Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 311 с. – С. 102-104.

УДК 519.21

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В ЗАДАЧАХ АКТУАРНОЙ И ФИНАНСОВОЙ МАТЕМАТИКИ

Сайфутдинова Н.В.,

Бондарев Б.В., д-р физ.-мат. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

saifutdinova.nata@mail.ru

Пусть рассматриваются:

1. Математическая модель изменения цены П. Самуэльсона [1], где в качестве основного процесса выступает $W(t)$ – стандартный процесс Винера, подчиненный потоку неубывающих σ -алгебр \mathfrak{F}_0^t , $t \geq 0$, $\mathfrak{F}_0^t \subset \mathfrak{F}$.

$$S(t) = S(0) \exp \left\{ \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma W(t) \right\}, \quad (1)$$

2. *Обобщенная модель П. Самуэльсона* [2], где в качестве основного процесса выступает процесс Орнштейна-Уленбека который выходит из нуля.

$$S(t) = S(0) \exp \left\{ \mu t - \frac{\sigma^2}{2} t + \eta(t) \right\}, \quad (2)$$

здесь $d\eta(t) = -\gamma\eta(t)dt + \sigma dW(t)$, $\eta(0) = 0$.

Однако в данных моделях некорректно предполагать, что влияние случайных факторов на цену акции непрерывно. Очевидно, что цена акции меняется скачками. Также вряд ли можно предположить также нормальность логарифма приращений цен. Рассмотрим этот факт подробнее [3].

В (1) «основным» является винеровский процесс, приращения которого нормально распределены. Следует отметить [3], что на интервалах времени небольшой длины приращения уже не являются нормально распределенными величинами. Известно, что отмеченное явление является всеобщим: это означает, что ненормальность приращений наблюдается на всех биржах независимо от объекта торговли! На практике можно заметить проявление данного факта в заметно большем количестве очень больших и очень маленьких по абсолютной величине приращений, чем их должно быть в соответствии с нормальным распределением. Заметим, что такими свойствами обладают распределения с положительным эксцессом. Поэтому можно сделать вывод, что применение винеровского процесса как основного для моделирования динамики биржевых цен остается проблемным.

3. Несмотря на то, что рассмотренная ранее модель Самуэльсона (1) является довольно таки популярной среди моделей, описывающих эволюцию цены акции в связи с отмеченными фактами актуален поиск других моделей!

Предложенная Р.К.Кларком модель [4]

$$\bar{S}(t) = S(0) \exp\left\{(\mu - \lambda[\sqrt{e} - 1])t + W(Z(t))\right\} \quad (3)$$

имеет положительный параметр $\mu > 0$, который, как и в модели П. Самуэльсона (1) носит смысл локальной доходности, имеет положительный эксцесс [5].

Все предложенные модели обладают свойством безарбитражности. Модель (3) также имеет свойство, которое не соответствует действительности. Так, согласно модели Кларка, до первого скачка пуассоновского процесса $Z(t)$, процесс $W(Z(t))$ будет тождественно равен нулю, то есть до этого момента времени в модели Кларка отсутствуют случайности, что, конечно же, противоречит реальности!

Цену рискового актива будем рассматривать как видоизмененную модель П. Кларка с добавленной диффузионной частью, [6]

$$P(t) = P(0) \exp\left\{(\mu - \lambda[\sqrt{e} - 1])t + W(Z(t)) - \frac{\sigma^2}{2}t + \sigma W_1(t)\right\}, \quad (4)$$

здесь $P(0)$ – цена акции в нулевой момент времени, $W(t)$ и $W_1(t)$ – Винеровские процессы, независимые от процесса Пуассона $Z(t)$ и между собой. Параметр $\mu > 0$ является отображением локальной доходности.

Эксцесс в модели (4) также положительный, что означает большую, чем у нормального «островершинность» распределения, а это в свою очередь означает, что больше очень больших и очень маленьких по абсолютной величине приращений, нежели их должно быть в соответствии с нормальным распределением. Последний факт и наблюдается в действительности.

Если инвестор вкладывает имеющиеся средства как в рисковые активы (например, в акции) так и в безрисковые (например, на банковский счёт), то говорят, что он оперирует на (B, S)-рынке. В этих условиях можно рассмотреть портфельную задачу задачу Р. Мертона, в качестве инвестора

может выступать и страховая кампания, тогда ставится задача об оптимизации вложений, в качестве платы выступает вероятность неразорения компании [7]. В каждом из рассматриваемых случаев важным моментом исследования является вывод соответствующего балансового уравнения, изучение эргодических свойств его решения. Численно моделируя решение этих уравнений [8–10] в силу закона больших чисел получаем с какой угодно точностью оценку платы за управление долями вложений и потреблением. Варьируя доли вложения и потребления, в итоге имеем решение поставленной оптимизационной задачи. Перед тем, как моделировать решение балансового уравнения, конечно же надо выписать интегральное представление, моделирование поведения которого в ряде случаев значительно проще, чем моделирование исходной задачи.

Список литературы

1. Samuelson P.A. Rational theory of warrant pricing / P.A. Samuelson // *Industrial Management Review*. – 1965. – V. 6. – P. 13–31.
2. Баев А.В. Процесс Орнштейна-Уленбека и его применение в задачах финансовой математики / А.В. Баев, Б.В. Бондарев // *Прикладная статистика. Актуарная и финансовая математика*. – 2002. – № 1. – С. 3–28.
3. Королев В.Ю. Построение моделей распределений биржевых цен при помощи методов асимптотической теории случайного суммирования. // *Обзорные прикладной и промышленной математики*. – Том 4. Выпуск 1. – 1997. – С. 86-100.
4. Clark P.K. A subordinated stochastic process model with finite variance for speculative prices / Clark P. K. // *Econometrica*. – 1973. – V. 41. –P. 136–155.
5. Бондарев Б.В. Некоторые задачи для модели Кларка. II. Оценка вероятности неразорения страховой компании / Бондарев Б.В., Сосницкий О.Е. // *Кибернетика и системный анализ*. – 2013. – Т. 49, № 5. – С. 99–111.
6. Бондарев Б.В. Модифицированная модель П.Кларка. Вероятность неразорения страховой компании, работающей на (B,S) –рынке. Модель Лундберга./ Б.В Бондарев, М.И Хмелина. // *Вестник Донецкого национального университета. Серия А. Естественные науки*. –2016. –.№1.–.С. 3-14.
7. Белкина Т.А. О проблеме оптимального управления инвестициями в динамических моделях страхования. II. Модель Крамера-Лундберга с экспоненциальным распределением размера требований / Белкина Т.А., Конюхова Н.Б., Куркина А.О. // *Обзорные прикладной и промышленной математики*. – 2010, –Т. 17, №1, С. – 3-24.
8. Кузнецова И.Ю. Численное решение стохастических дифференциальных уравнений в финансах / И.Ю. Кузнецова // *Известия Южного федерального университета. Технические науки*. – 2013. – № 4. – С. 175–184.
9. Кузнецов Д.Ф. Стохастические дифференциальные уравнения: теория и практика численного решения / Д.Ф. Кузнецов. – 4-е изд., исправ. и доп. – Спб.: Издательство Политехнического университета, 2010. – 816 с.
10. Мильштейн Г.Н. Численное интегрирование стохастических дифференциальных уравнений / Г.Н. Мильштейн. – Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1988. –224 с.

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ Р. МЕРТОНА

Тюканько Е. А.,

Бондарев Б.В., д-р физ.-мат. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

tla1994@yandex.ru, bondarev.mart@gmail.com

Роберт Мертон в [1] рассмотрел следующую задачу оптимизации портфеля инвестора, который имеет возможность вкладывать часть имеющихся у него средств в рискованные активы-акции, оставшуюся часть на банковский счёт, допускается также потребление средств с некоторой скоростью, зависящей от времени и текущего капитала. Цена акции описывалась моделью П. Самуэльсона. Плата за управление описывалась интегральным функционалом от дисконтированной функции потребления. Оптимизация проводилась за счёт долей вложения и потребления. Несмотря на огромную популярность модели П. Самуэльсона следует всё же признать её малую пригодность для решения практических задач в виду её не соответствия реальным статистическим данным [2]. Этот факт впервые был отмечен ещё в 1915 году и нашёл многочисленные подтверждения в дальнейшем. Результаты очень серьёзного статистического анализа, подтверждающего отличие упомянутых распределений от нормального, были опубликованы М. Кендаллом в 1953 году в [3]. Оказалось, что отмеченный феномен является всеобщим (см. [2]): ненормальность приращений проявляется на всех биржах независимо от объекта торговли. Отмеченная ненормальность приращений проявлялась в том, что (см. [3,4]) в действительности наблюдалось заметно больше очень больших и очень маленьких по абсолютной величине приращений, нежели их должно быть в соответствии с нормальным распределением. Другими словами, наблюдаемые распределения приращений биржевых цен на интервалах времени умеренной длины являются более островершинными, нежели нормальные, имея заметно более тяжёлые хвосты. В данной работе в качестве цены рискованного актива рассмотрим [4] видоизменённую модель П. Кларка с добавленной диффузионной частью, т. е.

$$P(t) = P(0) \exp \left\{ \left(\mu - \lambda [\sqrt{e} - 1] - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + W(Z(t)) + \sigma W_1(t) \right\}, \quad (1)$$

где $P(0)$ – цена акции в нулевой момент времени, $W(t)$ и $W_1(t)$ – винеровские процессы, независимые между собой и от $Z(t)$ (процесса Пуассона с параметром λ). Параметр $\mu > 0$ как и в модели П. Самуэльсона имеет смысл локальной доходности.

В работе [4] доказана безарбитражность модели (1).

Пусть

$$W(Z(t)) = \int_0^t \int_0^{+\infty} \alpha \tilde{\nu}(d\alpha, ds), \quad M\tilde{\nu}(d\alpha, ds) = 0,$$

$$M\tilde{\nu}^2(d\alpha, ds) = \lambda \Phi(d\alpha) ds, \quad \Phi(d\alpha) = \exp\left\{-\frac{\alpha^2}{2}\right\} d\alpha,$$

где $\nu(A, t)$ – пуассоновская мера, $\tilde{\nu}(A, t)$ – центрированная пуассоновская мера.

Будем считать, что в каждый момент $0 \leq t \leq s \leq T$ времени свой капитал $\xi_x(s)$, $\xi_x(t) = x$ инвестор разбивает на две части: доля $0 \leq u \leq 1$ отводится на покупку акций, доля $1 - u$ – на банковский счет под процентную ставку r . Эволюция безрискового актива задается формулой $dB(t) = rB(t)dt$, где $B(0)$ – начальный счет. С помощью формулы Ито убеждаемся, что цена акции к моменту времени $s + \Delta s$ будет

$$P(s + \Delta s) = P(-s) \left(1 + \mu \Delta s + \int_{-\infty}^{+\infty} (e^\alpha - 1) \tilde{\nu}(d\alpha, \Delta t) + \sigma \Delta W_1(s) \right).$$

Цена рискованного пакета к моменту времени $s + \Delta s$ будет

$$\frac{\xi_x(s)}{P(-s)} P(s + \Delta s) = u \xi_x(s) \left[1 + \mu \Delta s + \int_{-\infty}^{+\infty} (e^\alpha - 1) \tilde{\nu}(d\alpha, \Delta s) + \sigma \Delta W_1(s) \right].$$

Потребление за промежуток времени от s до $s + \Delta s$ составит $u_1(s, \xi_x(s)) \Delta s$, эволюция капитала инвестора тогда будет иметь вид

$$d\xi_x(s) = \xi_x(s) \left(u\mu - ur + r - u\lambda \left[\sqrt{e} - 1 \right] \right) ds + u\sigma \xi_x(s) dW_1(s) + u \xi_x(s) \int_{-\infty}^{+\infty} (e^y - 1) \nu(dy, ds) - u_1(s, \xi_x(s)) ds, \quad \xi_x(t) = x.$$

Пусть

$$\bar{V}(t, x) = \max_{\substack{0 \leq u \leq 1, \\ u_1 \in R}} M \int_t^T e^{-\rho s} \left[u_1(s, \xi_x(s)) \right]^\gamma ds$$

цена управления функционалом Р. Мертона. Капитал компании $\xi_x(s)$ в момент времени t стартует из точки x . Везде в дальнейшем считаем, что $x > 0$ для любого $0 \leq t < T$. Уравнение Р. Беллмана тогда примет вид

$$-\frac{\partial \bar{V}}{\partial s} = \frac{\partial \bar{V}}{\partial x} \left(x \left[u\mu + (1-u)r - \lambda(\sqrt{e} - 1) \right] - u_1(s, x) \right) + \frac{u^2 \sigma^2 x^2}{2} \frac{\partial^2 \bar{V}}{\partial x^2} - \lambda \bar{V}(s, x) + \lambda \int_{-\infty}^{+\infty} \bar{V}(s, x + ux(e^\alpha - 1)) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\alpha^2}{2}} d\alpha + e^{-\rho s} u_1^\gamma(s, x),$$

и $\bar{V}(T, x) = 0$. Оптимальное управление $\bar{u} = (\bar{u}, \bar{u}_1)$ можно получить, если максимизировать выражение в скобках, рассматривая его как функцию от $\bar{u} = (\bar{u}, \bar{u}_1)$.

Анонсируемые в тезисах результаты входят в сферу интересов российской актуарно-финансовой школы руководимой академиком РАН А. Н. Ширяевым.

Список литературы

1. Samuelson P. A. Rational theory of warrant pricing / P. A. Samuelson // *Industrial Management Review*. – 1965. – Vol. 6. – P. 13-31.
2. Королев В. Ю. Построение моделей распределений биржевых цен при помощи методов асимптотической теории случайного суммирования / В. Ю. Королев // *Обзорные прикладной и промышленной математики*. – 1997. – Том 4. – Выпуск 1.– С. 86-100.
3. Kendal M. G. The analysis of economic time-series. Part 1. Prices // *Journal of the Royal Statistical Society*. – 1953. – Vol. 96. – P. 11-25.
4. Бондарев Б. В. Модифицированная модель П. Кларка. Вероятность неразорения страховой компании, работающей на (B,S)-рынке. Модель Лундберга / Б. В. Бондарев, М. И. Хмелина // *Вестник Донецкого национального университета. Серия А. Естественные науки*. – 2016. – № 1. – С. 3-14.

УДК 519.21

О ВЕРОЯТНОСТИ НЕРАЗОРЕНИЯ СТРАХОВОЙ КОМПАНИИ, РАБОТАЮЩЕЙ НА (B, S)-РЫНКЕ ДЛЯ ОБОБЩЁННОЙ МОДЕЛИ КЛАРКА

Хмелина М.И.,

Бондарев Б.В., д-р физ.-мат. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

grad_mariya@mail.ru

Данному вопросу посвящены статьи Т.А. Белкиной [1, 2], Центральный экономико-математический институт РАН, г. Москва. В работе [2] рассмотрена задача оптимизации портфеля страховой компании-инвестора, которая имеет возможность вкладывать часть имеющихся средств в рисковые активы-акции, а оставшуюся часть – на банковский счёт, при этом, допускается потребление средств с некоторой скоростью, зависящей от времени и текущего капитала. Цена акции описывается моделью П.Самуэльсона [3]. В качестве платы за управление страховой компанией выступает вероятность неразорения страховой компании на бесконечном промежутке времени. Оптимизация проводится за счёт долей вложения. При этом следует признать, что, несмотря на огромную популярность модели П.Самуэльсона, она имеет малую пригодность для решения практических задач в виду её несоответствия реальным статистическим данным [4]. Известно, что на небольших промежутках времени логарифм цены акции не

является нормально распределённым. Этот факт впервые был отмечен ещё в 1915 году и нашел многочисленные подтверждения в дальнейшем. Оказалось, что отмеченный феномен является всеобщим [4]: ненормальность приращений проявляется на всех биржах независимо от объекта торговли – везде наблюдался положительный эксцесс.

В данной работе в качестве цены рискового актива рассмотрим [5] видоизмененную модель П. Кларка с добавленной диффузионной частью, т.е.

$$P(t) = P(0) \exp \left\{ \left(\mu - \lambda_0 [\sqrt{e} - 1] - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + W(Z(t)) + \sigma W_1(t) \right\}, \quad (1)$$

где $P(0)$ — цена акции в нулевой момент времени, $W(t)$ и $W_1(t)$ — винеровские процессы, независимые между собой и от $Z(t)$ (процесса Пуассона с параметром λ_0). Параметр $\mu > 0$, как и в модели П. Самуэльсона, имеет смысл локальной доходности. В работе [5] доказана безарбитражность модели (1).

Пусть

$$W(Z(t)) = \int_0^t \int_0^{+\infty} \alpha \tilde{\nu}_0(d\alpha, ds), M\tilde{\nu}_0(d\alpha, ds) = 0, M\tilde{\nu}_0^2(d\alpha, ds) = \lambda_0 \Phi(d\alpha) ds, \Phi(d\alpha) = \exp \left\{ -\frac{\alpha^2}{2} \right\} d\alpha,$$

$\nu_0(A, t)$ – пуассоновская мера, $\tilde{\nu}_0(A, t)$ – центрированная пуассоновская мера. Премии в компанию поступают со скоростью $c > 0$, иски описываются сложным процессом Пуассона.

$$\sum_{k=1}^{Z(t)} \eta_k = \int_0^t \int_0^{+\infty} \alpha \nu(d\alpha, ds), M\nu(d\alpha, ds) = \lambda t F(d\alpha) ds, M\eta_k = a,$$

где $P(\eta_k < x) = F(x)$ – функция распределения величины иска.

Будем считать, что в каждый момент $0 \leq t \leq s \leq T$ времени свой капитал $\xi_x(x)$ компания разбивает на две части: доля $0 \leq u \leq 1$ отводится на покупку акций, доля $1 - u$ — на банковский счет под процентную ставку r . Эволюция безрискового актива задается формулой $dB(t) = rB(t)dt$, где $B(0)$ — начальный счет. С помощью формулы Ито убеждаемся, что цена акции к моменту времени $s + \Delta s$ будет

$$P(s + \Delta s) = P(-s) \left(1 + \mu \Delta s + \int_{-\infty}^{+\infty} (e^\alpha - 1) \tilde{\nu}_0(d\alpha, \Delta t) + \sigma \Delta W_1(s) \right).$$

Эволюция капитала инвестора тогда будет иметь вид:

$$d\xi_x(s) = \xi_x(s) \left(u\mu - ur + r - u\lambda_0 [\sqrt{e} - 1] \right) ds + u\sigma \xi_x(s) dW_1(s) + u\xi_x(s) \int_{-\infty}^{+\infty} (e^\alpha - 1) \nu_0(d\alpha, ds) + cds - \int_0^{+\infty} \alpha \nu(d\alpha, ds), \xi_x(t) = x.$$

Нетрудно убедиться в том, что $\mathfrak{R}f(x)$ – характеристический оператор для $\xi_x(s)$ будет иметь вид:

$$\Re f(x) = f'(x) \left(\mu u + (1-u)r - u\lambda_0 [\sqrt{e} - 1] \right) x + c + \frac{\sigma^2 u^2 x^2}{2} f''(x) + \\ + \lambda \int_0^x f(x-y) dF(y) - (\lambda + \lambda_0) f(x) + \lambda_0 \int_{-\infty}^{+\infty} f(x + ux[e^\alpha - 1]) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\alpha^2}{2}} d\alpha$$

Пусть $\xi_t^0 = \exp \left\{ - \left[u\mu + (1-u)r - u\lambda_0 [\sqrt{e} - 1] - \frac{\sigma^2 u^2}{2} \right] t - u\sigma W_1(t) - \eta(t) \right\},$

где $\eta(t) = \sum_{k=0}^{Z(t)} \ln(1 + u[e^{\xi_k} - 1]), \xi_k \in N(0,1),$

тогда $\xi_x(t) = [\xi_t^0]^{-1} \left\{ x + \int_0^t \xi_s^0 \left[cds - \int_0^{+\infty} \alpha v(d\alpha, ds) \right] \right\}, \xi_x(0) = x$

Теорема. Пусть $\varphi_u(x)$, является на $[0, +\infty)$ функцией, удовлетворяющей уравнению $\Re \varphi_u(x) = 0$, тогда, при $c > a\lambda$

$$H = [u\mu + (1-u)r] > \frac{u^2 \sigma^2}{2} + \lambda_0 \left[u(\sqrt{e} - 1) + \int_{-\infty}^{+\infty} \ln(1 + u[e^\alpha - 1]) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\alpha^2}{2}} d\alpha \right],$$

то $\varphi_u(x)$ определяет вероятность неразорения процесса, заданного $\xi_x(t), \xi_x(0) = x$, т.е. $\varphi_u(x) = P(\tau = \infty)$, где $\tau = \tau(x) = \inf\{t : \xi_x(t) < 0\}$ – момент разорения процесса $\xi_x(t)$ с начальным капиталом x .

Оптимальное управление u можно получить, если максимизировать решение $\Re \varphi_u(x) = 0$, рассматривая его как функцию от u .

Список литературы

1. Белкина Т.А. О проблеме оптимального управления инвестициями в динамических моделях страхования. II. Модель Крамера-Лундберга с экспоненциальным распределением размера требований / Т.А. Белкина, Н.Б. Конюхова, А.О. Куркина // Обозрение прикладной и промышленной математики – 2010 – Т. 17 – вып. 1 – С. 3-24.
2. Белкина Т.А. Оптимальное управление инвестициями в динамических моделях страхования: I. Инвестиционные стратегии и вероятность разорения / Т.А. Белкина, Н.Б. Конюхова, А.О. Куркина // Обозрение прикладной и промышленной математики – 2009 – Т. 16 – вып.6 – С. 961-981.
3. Samuelson P.A. Rational theory of warrant pricing / P.A. Samuelson // Industrial Management Review. – 1965 – v.6. – P. 13-31.
4. Королев В.Ю. Построение моделей распределений биржевых цен при помощи методов асимптотической теории случайного суммирования./ В.Ю. Королев // Обозрение прикладной и промышленной математики. – 1997 – Т. 4 – вып. 1 – С. 86-100.
5. Бондарев Б.В. Модифицированная модель П.Кларка. Вероятность неразорения страховой компании, работающей на (B,S) – рынке. Модель Лундберга / Б.В. Бондарев, М.И., Хмелина // Вестник Донецкого национального университета. Серия А. Естественные науки. — 2016 — № 1 — С. 3-14.

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ПОРТФЕЛЬНОГО ИНВЕСТИРОВАНИЯ

Щепетнёва А.В.,

Бондарев Б.В., д-р физ.-мат. наук, проф.,

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

sasha27021993@yandex.ua

Среди современных исследователей портфельного анализа инвестора до сих пор большой популярностью пользуется задача Р. Мертона [1]. Суть которой состоит 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 также, что инвестором происходит 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 .

В классической задаче Р. Мертона предполагалось, что $S(t), t \geq 0$ – эволюция цены акции описывается моделью П. Самуэльсона [2]

$$S(t) = S(0) \exp \left\{ \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma W(t) \right\},$$

где $0 < \mu < +\infty$ – локальная доходность, $0 < \sigma < +\infty$ так называемый коэффициент волатильности, случайный процесс $W(t), t \geq 0$ называют основным процессом.

В модели П. Самуэльсона $W(t), t \geq 0$ – стандартный винеровский процесс.

Инвестор, варьируя долей $0 \leq u \leq 1$ (долей программного управления вложением в рисковый актив) и долей потребления $u_1(s, x)$, пытается обеспечить максимум некоторого функционала потребления

$$V(t, x, u, u_1) = M \int_t^T e^{-\rho s} \left[u_1(s, X_x(s, u, u_1)) \right]^\gamma ds, \quad (1)$$

$$X_x(t, u, u_1) \equiv x > 0,$$

здесь x – начальный капитал инвестора, $X_x(s, u, u_1), t \leq s \leq T$ – эволюция капитала инвестора при конкретном заданном программном управлении $0 \leq u \leq 1$, потреблении $u_1, 0 \leq t$ – начальный момент времени деятельности инвестора, то есть – начало инвестирования, $0 \leq t < T < +\infty$ – конец времени инвестирования, $0 < \rho < +\infty$ – коэффициент непрерывного дисконтирования. Смысл коэффициента $0 < \gamma < +\infty$ состоит в следующем: если $u_1(s, x)$ скорость функция потребления, то случай $0 < \gamma < 1$ характеризует поведение

несклонного к риску инвестора; случай $\gamma = 1$ характерен для инвестора, безразличного к риску, и, наконец, случай $\gamma > 1$ характерен для инвестора склонного к риску. В данной работе инвестор оперирует с банковским счётом и пакетами различных акций. Перед инвестором поставлена следующая задача: найти программное управление, то есть $0 \leq u \leq 1$ – постоянную долю вложения в рисковый актив такую, что отведённое количество средств, потраченное на покупку $1 \leq m$ пакетов акций, i -ый пакет состоит из b_i акций i -того вида ($1 \leq i \leq m$), способно обеспечить (наряду с варьированным потреблением) максимум среднего дисконтированного потребления, причём следует также оптимизировать пакеты по их набору, то есть по разнообразию, а также по внутреннему количественному составу. В качестве математической модели, описывающей эволюцию цены суммы пакетов из b_i акций вида $i, 1 \leq i \leq m$ из b_i штук, взята модель

$$S(t, \bar{b}, \bar{\mu}, \bar{\sigma}) = S(0, \bar{b}, \bar{\mu}, \bar{\sigma}) \exp \left\{ \sum_{i=1}^m \left(\mu_i b_i - \frac{b_i \sigma_i^2}{2} \right) t + \sum_{i=1}^m \sigma_i W_i(t, b_i) \right\}, \quad (2)$$

$\sigma_i, 1 \leq i \leq m$ – волатильности i -го пакета из b_i акций, $\mu_i, 1 \leq i \leq m$ – локальная доходность i -го пакета из b_i акций, независимые между собой $W_i(t, s), 1 \leq i \leq m$ – стандартные винеровские поля [3, 4].

Теорема 1. Предложенная модель (2) обладает свойством безарбитражности [5, 6].

Балансовое уравнение для описания эволюции капитала инвестора имеет вид:

$$dX_{t,x}(s) = (1-u)rX_{t,x}(s)ds + uX_{t,x}(s) \sum_{i=1}^m \mu_i b_i dt + \sum_{i=1}^m \sigma_i dW_i(t, b_i) - u_1(s, X_{t,x}(s))ds,$$

$$0 \leq t \leq s \leq T, X_{t,x}(t) = x, u_1(t, x) \leq C(t)x, C(t) \leq c < +\infty.$$

Пусть $\bar{V}(t, x)$ – значение функционала качества на оптимальных стратегиях, тогда уравнение Р. Беллмана имеет вид

$$-\frac{\partial \bar{V}}{\partial t} = \frac{\partial \bar{V}}{\partial x} \left[\bar{u}x \sum_{i=1}^m \mu_i b_i + (1-\bar{u})xr - \bar{u}_1(t, x) \right] + e^{-\rho t} [\bar{u}_1(t, x)]^\gamma + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \bar{V}}{\partial x^2} \bar{u}^2 x^2 \sum_{i=1}^m b_i \sigma_i^2, \bar{V}(T, x) = 0.$$

Пусть $0 < \gamma < 1$, тогда справедливо следующее утверждение.

Теорема 2. Пусть плата за управление описывается функционалом (1), цена пакета акций описывается функцией (2), тогда

$$\text{если } \frac{(\bar{\mu}, \bar{b}) - r}{(\bar{b}, \bar{\sigma}^2)(1-\gamma)} < 1, \text{ то } \bar{u} = \frac{(\bar{\mu}, \bar{b}) - r}{(\bar{b}, \bar{\sigma}^2)(1-\gamma)}, \bar{u}_1(s, x) = x \left[\frac{e^{(T-s) \left[r + \frac{[(\bar{b}, \bar{\mu}) - r]^2}{2(\bar{b}, \bar{\sigma}^2)(1-\gamma)} - \frac{\rho}{\gamma} \right] \frac{\gamma}{1-\gamma}} - 1}{r + \frac{[(\bar{b}, \bar{\mu}) - r]^2}{2(\bar{b}, \bar{\sigma}^2)(1-\gamma)} - \frac{\rho}{\gamma}} \frac{\gamma}{1-\gamma} \right]^{-1},$$

$$\text{если } \frac{(\bar{\mu}, \bar{b}) - r}{(\bar{b}, \bar{\sigma}^2)(1 - \gamma)} \geq 1, \text{ то } \bar{u} = 1, \bar{u}_1(t, x) = x \left[\frac{(\gamma - 1) \left(e^{\left[(\bar{\mu}, \bar{b})\gamma - \frac{\rho}{1-\gamma} - \frac{(\bar{b}, \bar{\sigma}^2)\gamma}{2} \right] (T-t)} - 1 \right)}{(\bar{\mu}, \bar{b})\gamma - \frac{\rho}{1-\gamma} - \frac{(\bar{b}, \bar{\sigma}^2)\gamma}{2}} \right]^{-1},$$

$$\text{здесь } (\bar{b}, \bar{\sigma}^2) = \sum_{i=1}^m b_i \sigma_i^2, (\bar{b}, \bar{\mu}) = \sum_{i=1}^m b_i \mu_i.$$

В дальнейшем предполагается рассмотреть случаи $\gamma = 1, \gamma > 1$.

Список литературы

1. 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.
2. Samuelson P. A. Proof that properly anticipated prices fluctuate randomly / P.A. Samuelson // IndustrialManagementReview. – 1965. – V.6. – P. 41-49.
3. Cairoli R., Walsh J. B. Stochastic integrals in the plane / R. Cairoli,
4. J. B. Walsh // Acta Math. – 1975. – P. 111-183.
5. Кнопов П.С., Дериева Е.Н. Стохастические многопараметрические дифференциальные уравнения. Задачи оценивания и управления / П. С. Кнопов, Е. Н. Дериева. – Киев, 2007. – 223 с.
6. Ross S. A. The arbitrage theory of capital asset pricing / S. A. Ross // Journal of Economic Theory. – 1976. – V.13. – P. 341-360.
7. Ширяев А. Н. Основы стохастической финансовой математики / А. Н. Ширяев. – М.: ФАЗИС, 1998.– Т. 1-2. – 1017 с.

УДК 664.084.2:534.647(075.8)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВЗБИВАЛЬНОЙ МАШИНЫ ВМ-10

*Гордиенко А.В., Пильненко А.К.,
Заплетников И.Н.*, д-р. техн. наук, проф.

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

На сегодняшний день существует необходимость в усиленном использовании взбивальных машин в связи с растущими потребностями в кондитерских, кулинарных и хлебопекарных изделиях. Зарубежные производители называют взбивальные машины планетарными миксерами. Многие из них являются универсальными и кроме взбивания производят замес теста, перемешивание вязких и жидких продуктов (фарш; творог; картофельное пюре; жидкое, песочное, дрожжевое, заварное тесто и др.). Среди многочисленных конструкций этих машин производства зарубежных фирм наибольшее распространение в странах СНГ и Украине получил планетарный миксер BEST MIX Sigma модели ВМ с рабочими камерами объемом 5...80 л., выпускаемый серийно фирмой Sigma (Италия). Вместе с выполнением технологических функций эта машина создает и повышенный уровень шума при работе с продуктом, хотя при работе на холостом ходу ее шумовые характеристики (ШХ) не превышают допустимых санитарных и строительных норм.

Шумовые характеристики машин существенно влияют на санитарно-гигиенические условия работы обслуживающего персонала производственных цехи предприятий питания, специализированных кондитерских и кулинарных цехов. В этих цехах, как правило, устанавливается не одна, а несколько машин. Это приводит к дополнительному возрастанию уровня шума в цехе. Предельно допустимые шумовые характеристики (ПДШХ) оборудования должны учитывать поправку на групповую установку оборудования. ПДШХ зависят от расстояния между машинами и количества рядов. В производственных цехах предприятий питания чаще всего используют две-три машины, установленные в один ряд согласно СНиП на расстоянии 1,5 м друг от друга. Для производственных цехов предприятий питания установлена поправка в 5 дБ (дБА).

Нарушение санитарно-гигиенических норм по шуму отрицательно сказывается на здоровье трудящихся предприятий питания, а при применении этих машин в быту и на здоровье не только взрослых, но и детей [1]. Превышение машинами санитарно-гигиенических норм в процессе эксплуатации серийно выпускаемых и сертифицированных машин

необходимо периодически контролировать. Санитарные службы городов и других местностей этой работой не занимаются.

Расчет ПДШХ для планетарного миксера BEST MIX Sigma BM-10 производился в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 30530-97 «Методы расчета предельно допустимых шумовых характеристик стационарных машин» при работе с продуктом и приведены далее на графике (рис. 1).

Сравнение ШХ для планетарного миксера Sigma BM-10 с рассчитанными ПДШХ позволит установить направление совершенствования конструкции машины для повышения ее технического уровня.

Анализ последних публикаций по данной проблеме показал, что исследования ШХ взбивальной машины на базе УКМ; взбивальных машин типа МВ-6, МВ-35М, МВ-60; привода П-П с взбивальным механизмом; тестомесильных машин типа ТММ-1М и МТИ-100 были опубликованы ранее в монографии И.Н. Заплетникова [2]. Что касается исследования влияния работы планетарного миксера Sigma BM-10 в различных режимах на его ШХ, сведений в технической литературе нет.

Целью работы является установление ШХ планетарного миксера Sigma BM-10 при различных скоростях вращения взбивателя и различной емкости бачка с продуктом различной плотности. Сравнение ШХ машины с ПДШХ по характеристике А и в октавных полосах частот и определение величин превышения ПДШХ.

Измерения проводились в лаборатории виброакустики кафедры оборудования пищевых производств ДонНУЭТ в реверберационной камере объемом 70 м³ в соответствии со стандартом ИСО 3743-1-94, 3743-2-94 и ГОСТ 31252-2004 (ИСО 3740:2000). Расхождение между внешним шумом и источником звука составило более 10 дБ (дБА) как в октавных полосах частот, так и по скорректированному по А уровню звука. Измерения уровней звукового давления (УЗД) проводилось аттестованным шумомером «Ассистент» (Россия) в октавных полосах частот и уровню звука. Микрофон устанавливался на измерительном расстоянии 1 м. УЗД пересчитывались на уровни звуковой мощности (УЗМ) по ГОСТ 30691-2001 (ИСО 4871-96).

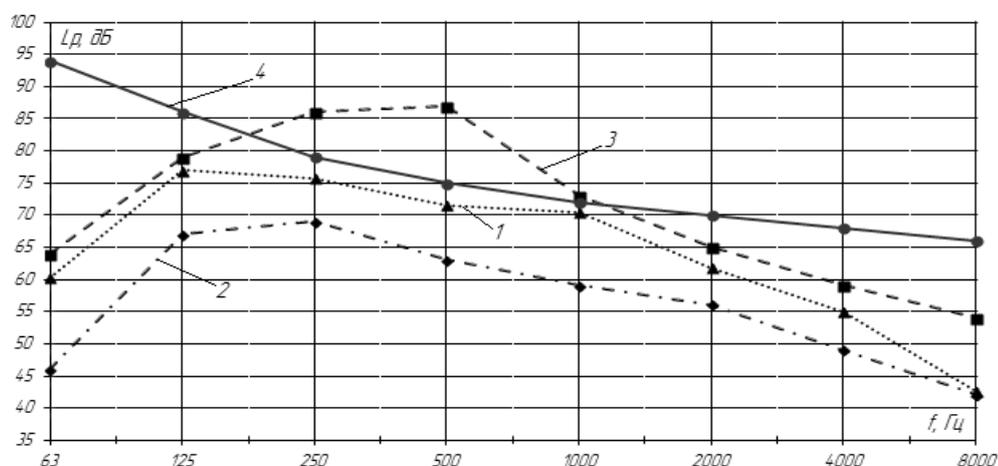


Рис. 1. Уровни звуковой мощности миксера Sigma BM-10: 1 – УЗМ без нагрузки; 2 – УЗМ при перешивании модельной жидкости; 3 – УЗМ при перемешивании теста; 4 – ПДШХ

В качестве обрабатываемого продукта использовалась модельная жидкость плотностью 1000 кг/м^3 и пресное тесто плотностью 1220 кг/м^3 . Модельная жидкость имитировала сливки. ШХ машины измерялись при заполнении бачка машины на 2 л и 3,8 л объема жидкости, что составило соответственно $K=0,2$ и $K=0,38$ объема бачка 10 л. Использовался прутковый и спиральный рабочий орган.

На рисунке 1 приведены излучаемые уровни звуковой мощности миксера Sigma VM-10 при работе без нагрузки и с нагрузкой в октавных полосах частот.

Корректированный по А уровню звуковой мощности составляют: при работе без нагрузки – 74 дБА, при работе с нагрузкой – перемешивание теста – 81 дБА.

Уравнения регрессии УЗМ при перемешивании в октавных полосах частот в зависимости от частоты имеют вид:

$$\text{- без нагрузки: } L_{p1}=0,2172x^3-4,5449x^2+22,412x+44,086; R^2=0,9561. \quad (1)$$

- с нагрузкой при перемешивании теста:

$$L_{p2}=0,553x^3-9,1861x^2+41,023x+30,929; R^2=0,9767. \quad (2)$$

- с нагрузкой при взбивании модельной жидкости:

$$L_{p3}=0,4167x^3-7,131x^2+33,095x+21,786; R^2=0,9227. \quad (3)$$

Анализ ШХ машины в октавных полосах частот показал, что превышение ПДШХ наблюдается только при перемешивании теста на частотах 250 Гц – на 7 дБ, 500 Гц – на 12 дБ, 1000 Гц – на 1 дБ, а также по А на 4 дБА, $L_{pA}=81$ дБА.

На остальных частотах и режимах работы превышение ПДШХ не обнаружено. Сравнение ШХ миксера Sigma VM-10 с нагрузкой и без нее показало, что при работе без нагрузки уровень шума ниже, чем под нагрузкой при перемешивании теста во всем диапазоне частот: на низких частотах – на 10 дБ, на средних частотах – на 15 дБ, на высоких частотах – на 11 дБ и по L_{pA} – на 7 дБА. И наоборот выше, при обработке модельной жидкости, также во всем диапазоне частот: на низких частотах – на 14 дБ, на средних частотах – на 11 дБ, на высоких частотах – на 6 дБ и по L_{pA} – на 8 дБА.

Список литературы

1. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник. – 3-е изд. Переаб. – М.: Лотос, 2013. – 432 с.
2. Заплетников И.Н. Виброакустика оборудования пищевых производств: монография. – Харьков: Изд-во НТМТ, 2015. – 542 с.

СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПУТЕМ УМЕНЬШЕНИЯ ВЫБРОСОВ КАНЦЕРОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Котенко А.А.¹,

Шило И.Н.²

¹ГУ «ИНФОУ им. Л.М.Литвиненко»

²ГПОУ «Донецкий транспортно-экономический колледж»

allakotenko@ukr.net

Жизнедеятельность человека связана с появлением огромного количества различных отходов. Резкий рост потребления в последние десятилетия привёл к существенному увеличению их объёмов.

Одним из наиболее эффективных способов переработки отходов является термическая переработка. Однако, недостатком такого способа является выделение канцерогенных веществ, образующихся в процессе сжигания.

Актуальность проблемы имеет многосторонний характер:

1) проблема отходов является остроактуальной, поскольку ее решение связано с необходимостью обеспечения нормальной жизнедеятельности населения, санитарной очистки городов, охраны окружающей среды и ресурсосбережения;

2) канцерогенные вещества, образующиеся в процессах термической переработки, имеют токсический характер и способность накапливаться в живых организмах и природных системах, вызывая многочисленные смертельные заболевания.

Согласно с обозначенной проблематикой, целью было поставлено снижение воздействия канцерогенных веществ, образующихся в процессе переработки отходов.

Исходя из этого, была сформирована задача – добиться минимизации выбросов при сжигании отходов, содержащих вредные канцерогенные вещества.

Объектом исследования были канцерогенные вещества, образующиеся в процессе термической переработки и их влияние на организм человека и окружающую среду.

В ходе эксперимента происходило сжигание органических отходов с целью выявления оптимального для минимизации выбросов состава полимерно-древесной смеси сжигаемого.

Для исследования было использовано контрольное сжигание образцов мусорных смесей заданного состава ПВХ с определенным процентным содержанием примесей в лабораторной установке для сжигания, с

определением выхода смолистых соединений. Целью было определение взаимосвязи между процентным содержанием примесей и количеством смолистых веществ, образующихся в процессе сжигания и содержащих диоксиноподобные вещества. Определение выхода золы проводилось гравиметрическим методом.

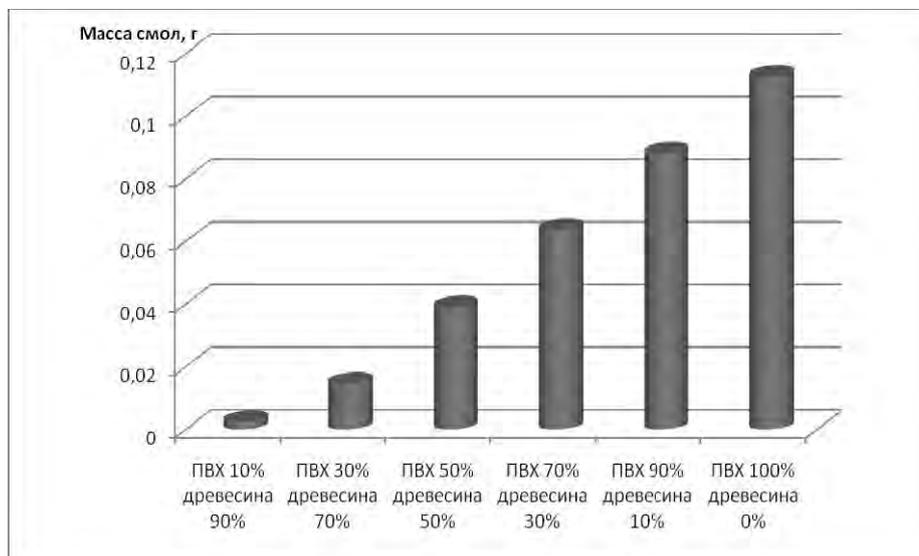


Рис. Результаты эксперимента сжигания проб смесей ПВХ и древесной стружки

Экспериментальные и статистические данные дают возможность определить зависимость между содержанием полимеров и массой диоксиносодержащих смолистых соединений, образующихся при сжигании. Зависимость между содержанием ПВХ и массой диоксиносодержащих смолистых соединений имеет линейный характер ($y = 0,00001x^2 + 0,00049x - 0,00036$) и позволяет прогнозировать массу смолистых соединений, образующихся при сжигании, при определенном содержании ПВХ в смеси с древесиной.

В результатах проведенного эксперимента отражается научная новизна работы и практическое значение для отрасли термической переработки твердых бытовых отходов (применение современных технологий утилизации отходов в процессе переработки позволит снизить негативное воздействие на окружающую среду, которое оказывают полигоны, где складываются твердые бытовые отходы, и минимизировать выбросы вредных канцерогенных веществ) и топливно-энергетического комплекса, приобретает огромное значение в контексте проблем нашего государства в этом сегменте экономики, ведь с помощью получения энергии из отходов можно одновременно решить проблему утилизации твердых бытовых отходов и получить практически бесплатную тепловую или электрическую энергию.

ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ЗЕРНИСТОГО КАТАЛИЗАТОРА П-5

Толстых А.С., канд. техн. наук, доц.,

Погребняк А.В., канд. техн. наук, доц.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли
им. Михаила Туган-Барановского», г. Донецк
ast65@ukr.net

Очистка отходящих газов за различными огнетехническими агрегатами в настоящее время является актуальной проблемой в сфере технических средств охраны окружающей среды. В ряде таких технологических процессов температура отходящих газов изменяется в широких температурных пределах (от 100 °С до 1100 °С), например доменное и ваграночное производство. Обозначенный температурный режим делает крайне нестабильным процесс каталитического дожигания оксида углерода в контактных аппаратах со стационарным слоем катализатора. Эту проблему решают каталитические реакторы с нестационарной (автотермической) организацией процесса обезвреживания СО.

Авторы провели исследования работы окислительного палладиевого катализатора П-5 с целью вывода эмпирической формулы для определения гидравлического сопротивления слоя указанного катализатора.

Для проведения экспериментальных исследований использована установка, состоящая из следующих основных узлов: реактора дискового типа с системой трубопроводов; генератора СО; побудителя расхода; пульта управления, контроля и измерения.

В качестве объекта исследований выбрана газообразная смесь СО + воздух с изменениями концентрации оксида углерода от 0,2 % до 5,0 %. Перед подачей в реактор газовая смесь разогревалась до температуры 200 °С (ниже температуры «зажигания» катализатора). Параметры процессов измерялись в установившемся режиме работы аппарата. Исследования проводились при линейных скоростях газа перед слоем катализатора в пределах от 0,5 м/с до 1,0 м/с.

Перед проведением лабораторных исследований выполнен анализ факторов, влияющих на гидродинамику процесса фильтрации. Опытные данные по определению гидравлического сопротивления шаровых частиц обработаны двумя способами – по схеме порового канала и по схеме струи. Анализ данных свидетельствует о том, что независимо от способа обработки выражение определения гидравлического сопротивления слоя описывается уравнением Дарси – Вейсбаха:

$$\Delta P = \zeta_{\text{сл}} \frac{w_{\phi}^2}{2} \cdot \rho \cdot \frac{H}{d_3}, \quad (1)$$

где $\zeta_{\text{сл}}$ – коэффициент гидравлического сопротивления слоя катализатора П-5;
 w_{ϕ} – скорость газового потока перед слоем катализатора, м/с;
 ρ – плотность газовой смеси, кг/м³;
 H – высота слоя катализатора, м;
 d_3 – среднегеометрический размер зерна катализатора, м;

Коэффициент гидравлического сопротивления зернистого слоя катализатора определяется по эмпирическому уравнению Бернштейна, Померанцева и Шагаловой:

$$\zeta_{\text{сл}} = \frac{1,53}{\varepsilon'^{4,2}} \left(\frac{30}{\text{Re}} + \frac{3}{\text{Re}^{0,7}} + 0,3 \right) \frac{H}{d_3} \quad (2)$$

где Re – число Рейнольдса;

ε' – порозность слоя катализатора (отношение насыпной плотности катализатора к плотности зерна катализатора).

По результатам расчета экспериментальных данных получена зависимость с коэффициентом корреляции $R = 0,815$:

$$\text{Re} = 914w_{\phi} \quad (3)$$

где w_{ϕ} – линейная скорость фильтрации, м/с.

Список литературы

- Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям [Текст] / Под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с. : ил. – 1300 экз. – ISBN 5-217-00393-6.

ВИБРОКОНВЕЙЕР ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ВВЕРХ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ

Фалько А.Л., канд. техн. наук, доцент,

Шамота В.П., д-р техн. наук, проф.

Донецкий институт железнодорожного транспорта, г. Донецк

falko.donizt@mail.ru

Во многих отраслях на различных производствах для транспортировки сыпучих грузов используются различные типы конвейеров. Вибрационные конвейеры обладают рядом преимуществ перед другими видами конвейеров (простота конструкции, надежность, долговечность, низкая стоимость, низкий удельный расход энергии). Одним из факторов, ограничивающих их использование в реальном производстве, является невозможность транспортировки сыпучего груза вверх по колеблющейся рабочей поверхности, если её угол наклона к горизонту более 8° - 10° [1]. Применение вертикального виброконвейера с винтовым рабочим органом имеет свои недостатки (тяжелая, требующая фундамента конструкция, малая скорость перемещения груза, что повышает расход энергии) [2].

Для решения этой проблемы авторами предлагается использовать новую конструкцию рабочего органа из последовательно расположенных ступенек определенной длины и высоты (рис. 1).

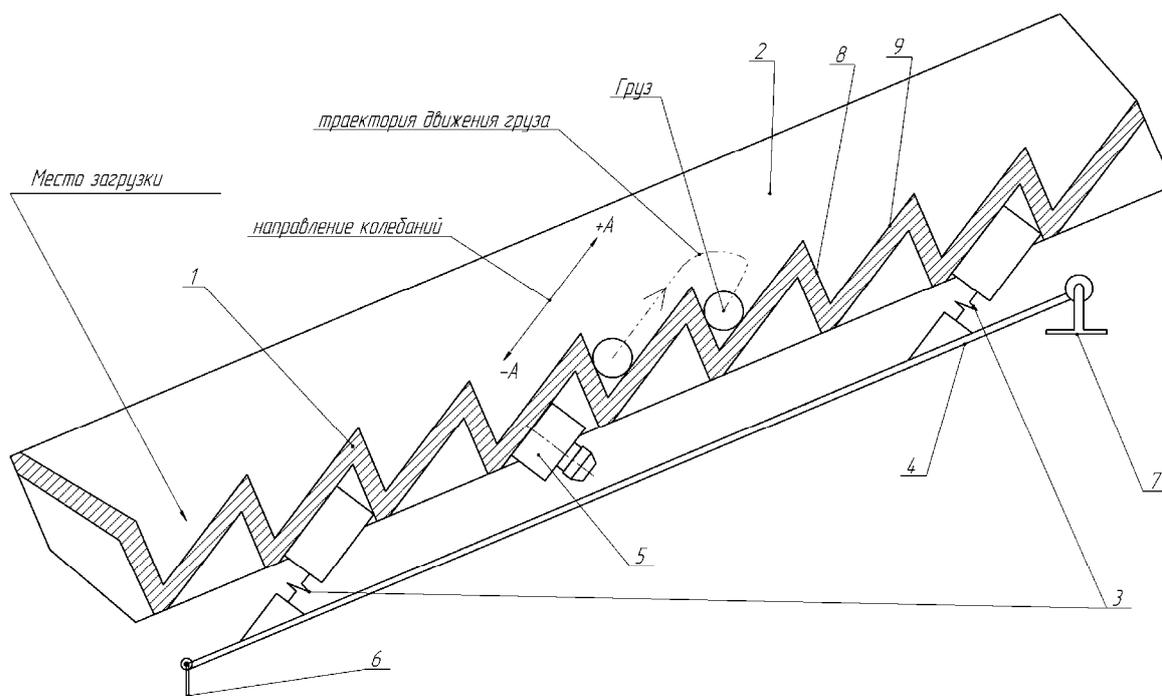


Рис. 1. Схема конструкции виброконвейера

Согласно рис. 1 виброконвейер состоит из ступенчатого рабочего органа 1, ограниченного боковыми бортами 2 и статически вывешенного на упругих элементах 3, которые закреплены на раме 4. Инерционный дебалансный вибратор 5 жестко соединен с рабочим органом 1 и благодаря упругим элементам 3 способен создавать направленное колебательное движение рабочего органа 1. Перед началом работы рама 4 закрепляется нижним концом 6 и верхним концом 7. Каждая ступенька рабочего органа 1 состоит из упорной поверхности 8, которая препятствует движению сыпучей массы вниз, и рабочей поверхности 9 для скольжения груза, которая параллельна направлению колебаний.

Работает устройство следующим образом. После крепления концом 6 и верхним концом 7 при подаче электрического напряжения вибратор 5 выводит рабочий орган 1 в заданное колебательное движение. Сыпучий материал загружается на нижнюю часть рабочего органа конвейера и под воздействием колебаний перемещается вверх по ступенчатой поверхности рабочего органа. Скольжения в обратную сторону (вниз вдоль рабочей поверхности 9) не происходит т.к. пройденное на этапе скольжения место занимают другие нижние по расположению частицы, самые нижние из которых опираются на упорную поверхность 8. Таким образом, слой сыпучего материала быстро перемещается этапами скольжения вверх по наклонному ступенчатому рабочему органу виброконвейера.

В зависимости от кинематических (амплитуда и частота) и геометрических (размеры ступени, углов наклона рабочего органа и ступени) параметров колебаний рабочего органа возможно реализовать различные режимы виброперемещения слоя сыпучего материала. Целесообразно назначить режим виброперемещения сыпучего груза без этапов полета над ступенями. В этом случае сыпучая масса будет перемещаться только на этапах скольжения вверх вдоль рабочих поверхностей 9 ступеней, соскальзывая (ссыпаясь) на рабочие поверхности верхних по расположению ступеней в каждом периоде колебаний. В данном режиме виброперемещения за счет отсутствия этапов полета нет пылеобразования и выскакивания части груза за ограждающие борта рабочего органа, нет ударных нагрузок, которые дестабилизируют колебательный процесс рабочего органа и создают значительные шумы.

Предложенная конструкция виброконвейера со ступенчатым рабочим органом позволяет транспортировать сыпучие грузы под углами наклона к горизонту значительно большими 10^0 .

Список литературы

1. Вибрационное перемещение твердых и сыпучих тел в сельскохозяйственных машинах: [Практ. пособие] / П. М. аика. – Киев: Изд-во УСХА, 1998. – 625 с.
2. Потураев В.Н., Вибрационные транспортирующие машины // В.Н.Потураев, В.П.Франчук, А.Г.Червоненко. – М., «Машиностроение», 1964. – 272 с.

СОЦИАЛЬНО-ПОЛИТИЧЕСКИЕ И МОРАЛЬНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Ярошева А.И., канд. физ.-мат. наук, доц.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли
им. М.Туган-Барановского», г. Донецк
physics@kaf.donnuet. education

На рубеже XX-XXI ст. стало очевидным, что сохранение существующего пути развития мировой экономики уже в ближайшем будущем ставит под угрозу равновесие и стабильность исторически сложившихся социоприродных структур. На конференция ООН по вопросам состояния окружающей среды и дальнейшего экономического развития человечества, которая состоялась в 1992 г. в Рио-де-Жанейро, были принят документ, который был назван «Повестка дня на XXI в.». Изложенная в нём программа развития на XXI век констатирует, что главными факторами изменений в окружающей среде являются население, потребление и технологии [1]. Для выхода из существующего положения необходимы инновационные методы освоения социального пространства.

В условиях глобального экологического кризиса выросло социальное значение государственной и международной экологической политики. Растет организационная и регулятивно-контрольная роль государства в качестве координатора процессов, направленных на усиление учета экологического фактора. Сейчас экономическая политика является главной в политике вообще. Чисто политико-экономические идеи в рамках теории рынка становятся фундаментом политических программ партий, основой национальных политик. Прогрессивной считается та власть, которая стремится максимально удовлетворить экономические потребности граждан собственной страны. Однако, уже доказано, что непрерывный рост экономической сферы значительным образом повлиял на развитие экологического кризиса XX столетия. Идея гармоничного общего развития природы и социума допускает переход от ориентации на безграничный прогресс к определению «пределов роста», необходимости экологического сдерживания и запрещения [2]. Современное состояние экологического кризиса свидетельствует о кризисе самой политики, которая нарушает законы экологического взаимодействия. Отсюда понятно, что содержанием экологической политики должен стать процесс регуляции экономической деятельности хозяйственного организма путем неуклонного соблюдения законов экологического взаимодействия. Экономическая парадигма развития общества должна уступить место экологической [3–5].

К сожалению, в структурах законодательной и исполнительной власти нет полного и четкого осознания экологической опасности. Это во многом

обусловлено сформированным антропоцентрическим менталитетом этих структур. Широко распространенный тип экологического сознания, которое базируется на представлениях о «человеческой исключительности», получил название антропоцентризма. Он сформировался в эпоху бурного роста промышленности и получил широкое распространение в научных кругах. Появились теории, которые объективно способствовали разрыву человека с природой. Среди этих представлений можно отметить назойливые призывы сделаться властелинами природы, господствовать над ней, различные теории обреченности гармонии общества и природы, отрицание реальности угроз экологического кризиса. В разное время эти и близкие к ним взгляды выражали Г.Гегель, Б.Спиноза, Ф.Ницше, Р.Декарт, И.Мичурин и другие ученые. Поведение людей по отношению к окружающей природной среде, которое основано на парадигме «человеческой исключительности», по мнению многих исследователей [3,5] и есть одна из главных причин экологического кризиса на нашей планете. Переход к устойчивому развитию требует перестройки общественного экологического сознания, изменения образа жизни человека, его нравственности, формирование экоцентрического мировоззрения, в конечном счёте экологической культуры общества. Низкий уровень экологической культуры является признаком общего упадка нравственности, вызванного внешними обстоятельствами, прежде всего имеющейся разрухой в важнейших сферах общественной жизни. Для преодоления экологического кризиса необходимо новое виденье мира, новый тип экологического сознания. Современное общество, его мораль, нравственность базируются на совокупность разных систем, среди которой наиболее важную роль, рядом с экономической и политической системами, выполняет правовая система. Право, как одно из средств осуществления социального управления, влияет на социальные связи, явления, процессы в обществе. опосредствовано влияет на развитие общества. Правовая система, выполняя регулятивные функции, то есть функции, связанные, в первую очередь, с управлением обществом.

Защита воссоздания жизни с помощью закона имеет давнюю историю, правда, доньше правовая охрана природы и общества осуществлялись отдельно. Сейчас понимается необходимость эффективной правовой регуляции природоохранных общественных отношений. Право – это система социальных норм и отношений, которые охраняются силой государством. Право как система норм, правил поведения имеет значение проводника государственной воли в реальную общественную жизнь, роль фиксатора той или другой модели поведения. По мнению В.Соловьева, «Право есть принудительное требование реализации определенного минимального добра, или порядка, который не допускает известного проявления зла» [6]. Законодательно-правовая база – одно из главных средств экологической политики. Несмотря на то, что сегодня в мире в целом существует развернутая система правовых норм, направленных на обеспечение экологической безопасности, часто они не значительные либо не

выполняются. При построении системы управления нашим молодым государством ДНР, следует обратить серьезное внимание на разработку экологических законов, ужесточить наказания за экологические нарушения.

Социальная несправедливость так же влечет за собой негативные экологические последствия. Таким образом, построение такого социального уклада, при котором природные богатства Земли справедливо распределялись бы между всеми членами общества, – одно из возможных условий преодоления глобального экологического кризиса и перехода к стабильному развитию цивилизации.

Сейчас речь идет о необходимости перехода от современного индустриально – потребительского общества к экологической цивилизации. По существу речь идет о вхождении в новое экологическое мировоззрение – изменение системы ценностей, в том числе и мировоззренческих.

Таким образом, в экологической политике ДНР важное место должна занимать задача формирования экоцентрической мировоззренческой парадигмы – с системой ценностей, построенных в обратном порядке: от задач поддержки природы к задачам социального развития. Только экологически образованное общество с сформированной экологической идеологией способно спасти планету Земля от экологической катастрофы.

Список литературы

1. Коптюг В.А. Конференция ООН по окружающей среде и устойчивому развитию (Рио-де-Жанейро, июнь 1992г.): Информ. обзор. – Новосибирск, 1992. – С. 12.
2. Лось В.А. Кассандра XX века: К 25-летию Римского клуба // В.А.Лось / Вестник РАН. – 1994. – №9. – С.16.
3. Киселев Г.С. Кризис нашего времени как проблема человека // Г.С. Киселев / Вопросы философии. – 1999. – №1. – С. 40-50.
4. Панфилов А.В. Государственная экологическая политика: узловые проблемы формирования // А.В.Панфилов, И.А.Сосунова / Социально-политический журнал. – 1997. – №6. – С. 28-37.
5. Радионова И.А. Глобальные проблемы человечества // И.А.Радионова. – М.: Аспект Пресс, 1995.
6. Соловьев В.С. Соч.: В 2 т. – Т.1. – М., 1988. – С. 165.

УДК 53.01

МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ЦИКЛИЧЕСКИХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Алиев А.М.

Институт физики им. Х.И. Амирханова ДНЦ РАН, Махачкала, Россия
lowtemp@mail.ru

В последнее время наблюдается большой интерес к поиску и исследованию материалов с гигантской величиной магнитокалорического эффекта (МКЭ) для технологии магнитного охлаждения. До настоящего времени почти все исследования магнитокалорических свойств материалов проводились или при квазистационарных полях, или при разовых циклах изменения магнитного поля. Магнитокалорические свойства материалов в циклических и постоянных магнитных полях могут существенно различаться по нескольким причинам, к которым можно отнести релаксационные явления при процессах намагничивания, необратимость индуцированных магнитным полем магнитоструктурных переходов и др. Поэтому без исследования МКЭ в циклических полях нельзя говорить о перспективе того или иного магнитокалорического материала для технологии магнитного охлаждения.

В данном докладе обсуждаются основные аспекты исследования МКЭ в циклических магнитных полях, в том числе создание источников переменных магнитных полей и методики исследования МКЭ в переменных магнитных полях. Приводится описание созданных источников переменного магнитного поля и методики измерения магнитокалорического эффекта в переменных магнитных полях частотой до 50 Гц. Приводятся результаты исследования МКЭ в различных магнитных материалах, включая Gd, сплав FeRh, сплавы Гейслера Ni-Mn-In-(Co), сплавы La-Fe-Si, Gd₅Ge₂Si₂, Mn(Fe)As(P), различные составы манганитов Ln_{1-x}A_xMnO₃ (Ln-редкоземельный элемент, А-щелочноземельный элемент) в циклических магнитных полях. Обсуждаются возможные причины изменения магнитокалорического эффекта с ростом частоты магнитного поля, природа деградации магнитокалорических свойств некоторых материалов под долговременным воздействием переменного магнитного поля. Показывается, что исследование МКЭ и магнитострикции в одинаковых условиях в переменных магнитных полях позволяет объяснить гигантскую величину МКЭ в материалах с магнитоструктурными фазовыми переходами и оценить вклады магнитной и решеточной подсистем в общий МКЭ. В докладе приводится также объяснение появления областей обратимости и необратимости индуцированных магнитным полем магнитоструктурных фазовых переходов. На основе этих результатов и имеющихся в литературе данных сделаны выводы о перспективных магнитокалорических материалах для технологии твердотельного охлаждения.

Работа поддержана РФФИ (Грант № 17-02-01195).

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ КОМПАКТИРОВАНИЯ НА УПРУГИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Беличко Д.Р.,

Милославский А.Г., д-р физ.-мат. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

danil.belichko@yandex.ru

В связи с развитием керамики и керамических технологий возрастает необходимость изучения и описания различных свойств керамических материалов. Важное значение имеют упругие свойства, в частности модуль Юнга который характеризует природу сил межатомного сцепления.

Важность этого направления исследований в общефизическом плане возросла после открытия нового класса высокотехнологичных перспективных материалов – наноструктурной керамики.

Анализ публикаций по данной тематике показал наличие работ посвященных изучению различных свойств керамики на основе монокристалла вольфрама, кремния, оксида алюминия и т.д. [1, 2]. Однако вопрос о модулях Юнга в керамике на основе диоксида циркония изучен не в полной мере, и данная работа направлена на дополнение картины в этой области.

Данная работа посвящена исследованию влияния высокого гидростатического давления (ВГД) и температуры спекания нанопорошков состава ZrO_2 -3мол.% Y_2O_3 и керамики на их основе на модуль Юнга.

Нанопорошки для исследования были получены усовершенствованным методом совместного химического осаждения, разработанным в отделе физического материаловедения ДонФТИ им. А.А. Галкина. Порошки синтезировались при температуре $1000^\circ C$ и имели размер частиц около 40 нм. После чего порошки компактировались обжатием в условиях высокого гидростатического давления в диапазоне от 0.1 до 700 МПа и спекались при температурах $1400^\circ C, 1500^\circ C, 1600^\circ C$ в течение 3-х часов. Образцы для исследования имели вид брусков с размерами 3 x 3 x 35 мм.

В эксперименте использовалось несколько методов исследования, в частности: рентгенофазовый анализ, ультразвуковой метод составного вибратора и метод гидростатического взвешивания.

Модули нормальной упругости (модуль Юнга) измерялись резонансным методом составного вибратора на частоте продольных колебаний ~ 91 кГц.

Ультразвуковое исследование показало наличие немонотонной зависимости модуля Юнга в исследуемых образцах. Максимум значения соответствовал давлению компактирования в диапазоне 300-400 МПа и температуре спекания $1500^\circ C$.

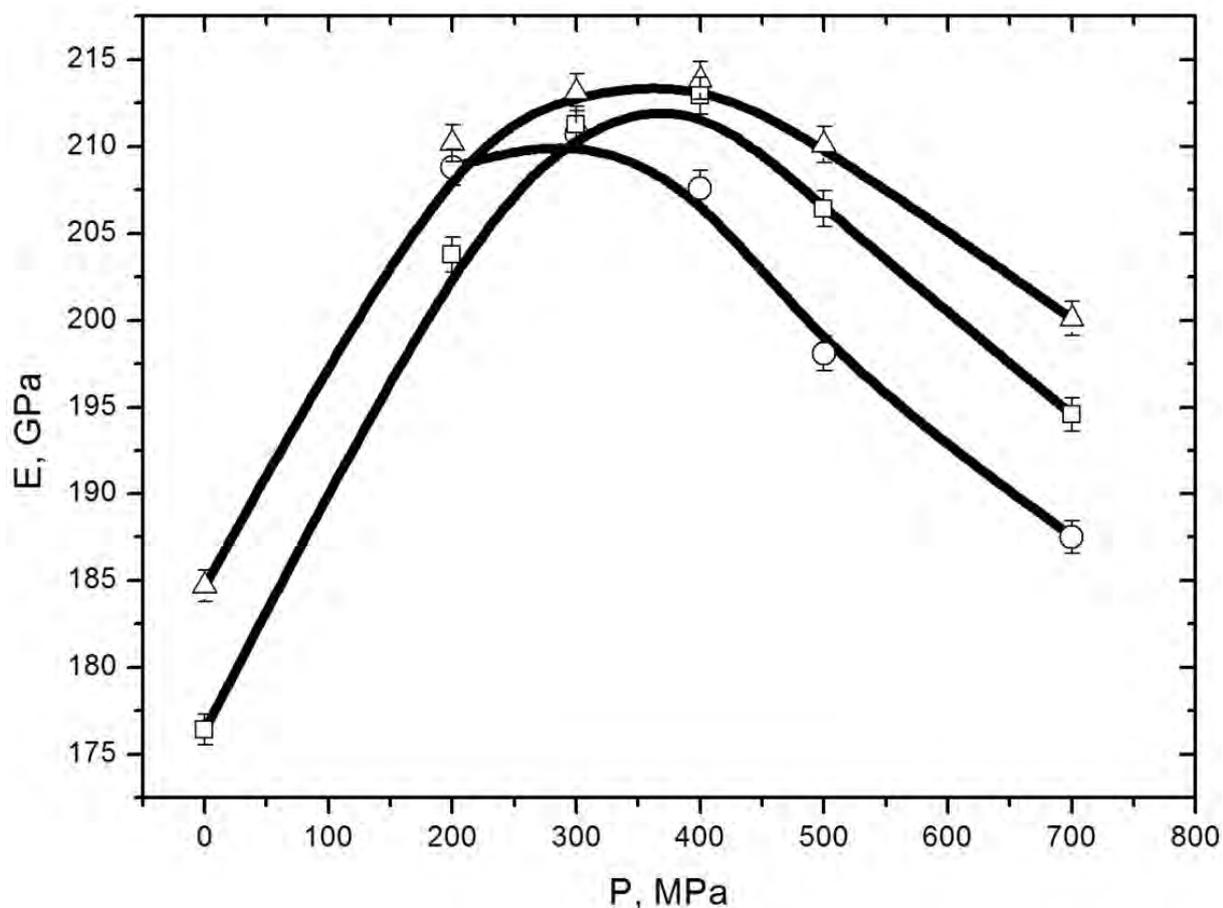


Рис. 1. Зависимость модуля Юнга от P. о-1600, □-1400, Δ-1500

Результаты рентгенофазового анализа приведены таблице 1. Съёмку дифрактограмм проводили на дифрактометре ДРОН-3, в отфильтрованном медном излучении, с получением рентгенограмм в оцифрованном виде.

Таблица 1

Результаты рентгенофазового анализа

T, °C	P, MPa			
	0	300	400	700
1400	5% M+ 95% T	1% M+ 99% T	100% T	100% T
1500	2% M+ 92% T+ 6% K	1.5% M+ 91.5% T+ 7% K	88% T+ 12% K	87% T+ 12.5% K
1600	-	0.5% M+ 86.5% T + 13% K	1% M+ 85.5% T+ 13.5% K	1.5% M+ 85.5% T+ 13% K

M, T, K – соответственно, моноклинный, тетрагональный, кубический диоксид циркония.

Как видно из таблицы, фазовый состав исследуемой керамики зависит от приложенного высокого гидростатического давления и температуры спекания. Однофазный диоксидцирконевый материал наблюдается при низкой температуре спекания (1400°) и высоких гидростатических давлениях – 400 и 700 МПа. При этой же температуре и низких давлениях (0 и 300 МПа) в керамике присутствует небольшое количество моноклинного диоксида циркония. Спекание при более высоких температурах сопровождается появлением в структуре керамики кубического диоксида циркония. При этом, количество кубической фазы при давлениях 400 и 700 МПа (спекание 1500°) почти в два раза больше, чем при меньших давлениях при этой же температуре спекания. Максимальное количество кубического диоксида циркония наблюдается в керамике, спечённой при 1600°, при всех давлениях прессования. Структура этой керамики трёхфазная, состоящая из тетрагонального, кубического и моноклинного диоксида циркония.

Таким образом, варьируя давление прессования и температуру спекания можно получать разнофазный состав и, соответственно, разную плотность керамики [3].

Список литературы

1. Иванов Д.А. Дисперсноупрочненные волокнистые и слоистые неорганические композиционные материалы // Д.А.Иванов и др. – Москва, 2010.
2. Ботаки А.А. Модули упругости и акустические свойства металлокерамики на основе монокарбида вольфрама // А.А.Ботаки, Э.В.Поздеева / Известия Томского политехнического университета, **2**, 311, 2007.
3. Акимов В.В. Влияние пористости на упругие характеристики твёрдых сплавов TiC – TiNi // В.В.Акимов, М.В.Акимов, М.С.Корытов, М.В.Пластинина / Прикладная механика и техническая физика, **4**, 50, 2009.

ЭФФЕКТ РЕЗИСТИВНЫХ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ В ЛАНТАН КАЛЬЦИЕВОМ МАНГАНИТЕ: ВЛИЯНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ЛОКАЛЬНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ И КОНЦЕНТРАЦИЕЙ КИСЛОРОДНЫХ ВАКАНСИЙ

Бойло И.В.

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк
boylo@donfti.ru

Резистивные переключения были открыты в 1960-х годах в оксидах, расположенных между двумя металлическими электродами. Всплеск научного интереса произошел в 2008 году, когда обнаружилось, что устройства, демонстрирующие гистерезис вольт-амперных характеристик, – это мемристоры [1]. В настоящее время понятно, что эффект резистивных переключений перспективен для практических приложений в области энергонезависимой памяти.

В последние десятилетия установлена важная роль вакансий кислорода, экспериментально наблюдаемых в приповерхностной области манганитов [2], и их пространственного перераспределения, которое, как полагают, связано с переключением сопротивления гетероструктуры металл-манганит-металл между высокорезистивным и низкорезистивным состояниями.

На сегодняшний день существует несколько моделей резистивных переключений в оксидах. Обнаружено, что эффект резистивных переключений в манганитах коррелирует с образованием ударной волны кислородных вакансий [3]. Однако, в предыдущих исследованиях полагалось, что взаимосвязь между локальным сопротивлением и концентрацией вакансий кислорода в манганитах линейна [4]. На самом деле, эта зависимость более сложная. Вид данной зависимости может сильно влиять на гистерезис, наблюдаемый в гетероструктурах металл-оксид-металл [5].

В данной работе представлено моделирование влияния нелинейности взаимосвязи между локальной концентрацией кислородных вакансий и локальным сопротивлением материала на эффект резистивных переключений в сложных оксидах с помощью уравнения непрерывности для подвижных вакансий кислорода. Для моделирования явления выбран допированный кальцием манганит лантана $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$, привлекательный благодаря возможности практического применения в электронных устройствах при комнатных температурах [6].

Полное электрическое сопротивление R гетероструктуры металл — манганит — металл, формируемое пространственным распределением вакансий, можно вычислить, интегрируя локальное сопротивление ρ , которое есть нелинейная функция концентрации кислородных вакансий c , по пространственной координате x перпендикулярно поперечному сечению плёнки манганита толщиной d . Исследование эффекта выполнено при условии как линейной, так и нелинейной взаимосвязи локальное сопротивление – концентрация вакансий. На рисунке показаны

гистерезисные петли электрическое сопротивление — электрический ток (R - I) для гетероструктур на основе лантан кальциевого манганита.

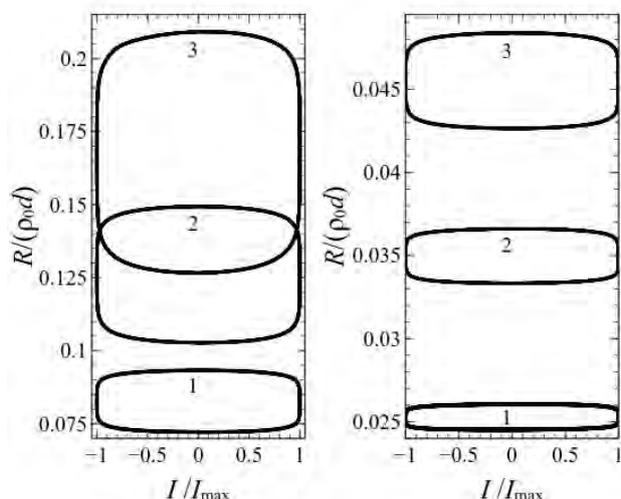


Рис. Зависимость сопротивления R от электрического тока I в единицах $\rho_0 d$ и I_{\max} , соответственно, в двух случаях — нелинейной (слева) и линейной (справа) функции $\rho(c)$, для трёх различных значений начальной концентрации $c_0 = 0.002$ (1), 0.003 (2), 0.004 (3)

Временная зависимость электрического тока I амплитудой I_{\max} определяется с помощью полного эллиптического интеграла первого рода, что позволяет варьировать форму подаваемого сигнала от синусоидальной (при $m = 0$) до прямоугольной (при $m = 1$). Даже в случае, когда начальная концентрация подвижных кислородных вакансий мала, гистерезис R - I характеристик отчётливо виден. Величина гистерезиса чувствительна к начальным условиям как в случае нелинейной (слева), так и в случае линейной (справа) зависимости $\rho(c)$. Обнаружено, что в случае нелинейной зависимости локального сопротивления манганита от концентрации вакансий кислорода в нём эффект возрастает и, более того, скорее стабилизируется [7].

Список литературы

1. Strukov D. B., Snider G. S., Stewart D. R., and Williams R. S. The missing memristor found // Nature. 2008. V. 453. – P. 80–83.
2. Bryant B., Renner C.H., Tokunaga Y., Tokura Y., and Aeppli G. Imaging oxygen defects and their motion at a manganite surface // Nature Communications. 2011. V. 2. – P. 212.
3. Tang S., Tesler F., Marlasca F.G., Levy P., Dobrosavljević V., and Rozenberg M. Shock Waves and Commutation Speed of Memristors // Phys. Rev. X. 2016. V. 6. P. 011028.
4. Rozenberg M.J., Sánchez M.J., Weht R., Acha C., Gomez-Marlasca F., and Levy P. Mechanism for bipolar resistive switching in transition-metal oxides // Phys. Rev. B. 2010. V. 81. – P. 115101.
5. Zhao-Liang L. and Dong-Min C. A Metal Oxide Heterostructure for Resistive Random Access Memory Devices // Chin. Phys. Lett. 2013. V. 30. P. 047701.
6. Shang D.S., Chen L.D., Wang Q., Zhang W.Q., Wu Z.H., and Li X.M. Temperature dependence of current-voltage characteristics of Ag – La_{0.7}Ca_{0.3}MnO₃ – Pt heterostructures // Appl. Phys. Lett. 2006. V. 89. P. 172102; Dong R., Xiang W.F., Lee D.S., Oh S.J., Seong D.J., Heo S.H., Choi H.J., Kwon M.J., Chang M., Jo M., Hasan M., and Hwang H. Improvement of reproducible hysteresis and resistive switching in metal – La_{0.7}Ca_{0.3}MnO₃ – metal heterostructures by oxygen annealing // Appl. Phys. Lett. 2007. V. 90. – P. 182118.
7. Boylo I.V. Resistive switching in manganese oxide with nonlinear dependence of the local resistivity on the oxygen-vacancy concentration // Phys. Status Solidi B. 2017. V. 254. P. 1600698.

РАСПРЕДЕЛЕННОЕ ФОКУСИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Галинский М.К.,

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

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

fenix102030405@gmail.com

Традиционно для различных практических применений используется точечное фокусирование. Такие процессы и устройства как лазерные резка [1], гравировка [2], скальпель [3], пинцет [4], сканирование [5] используют точечное фокусирование. Для работы некоторых лазерных пинцетов используются лучи Бесселя [6], которые являются частными случаями распределенного фокусирования. Возможность создания распределенного фокусирования лазерного излучения в масштабах, применимых для лучевой оптики, рассматривалась, например, в работе [7]. Потенциальные применения такого типа фокусирования: лазерные резка, гравировка, хирургия, создание лазерно-индуцированных плазменных каналов и т.д.

В данной работе исследуется возможность создания распределенного фокусирования лазерного излучения с применением волновой оптики, что является необходимым для создания этого типа фокусирования на масштабах, сопоставимых с длиной волны света.

При описании распределенного фокусирования в рамках волновой оптики невозможно ввести такое же понятие «лезвия» как в работе [8], т.е. как бесконечно тонкой каустической линии с заранее заданным распределением мощности на ней. Но остается возможность работать с интерференционной картиной, независимо от рассматриваемых масштабов.

Используя уравнение Гельмгольца и разделяя распределение амплитуды и фазы колебаний поля (электрического или магнитного), можно записать следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \Delta A + \left(k^2 - (\vec{\nabla} \varphi)^2 \right) A = 0, \\ A \Delta \varphi + 2 \vec{\nabla} A \cdot \vec{\nabla} \varphi = 0 \end{cases}, \quad (1)$$

где $A = A(\vec{r})$ и $\varphi = \varphi(\vec{r})$ – распределения амплитуд и фаз колебаний поля в пространстве. При записи уравнений стрелочка вектора над распределением амплитуд опускается, так как используется акустическое приближение. Аналогичные системы уравнений, записанные в различном виде, можно встретить, например, в работах [9,10] при выводе уравнения эйконала. Далее не будут применяться приближения, используемые для получения уравнения эйконала. Предположив, что существует решение для заранее заданного

распределения амплитуд в пространстве, т.е. заранее заданной интерференционной картины, можно найти функцию распределения фаз колебаний поля в пространстве. В таком случае путь решения задачи о создании распределенного фокусирования принимает следующий вид. Из полученной системы уравнений и заранее заданного распределения амплитуд в пространстве (при условии, что решение существует) необходимо найти распределение фаз колебаний поля в пространстве. Зная распределения амплитуд и фаз, можно найти их распределения на границе рассматриваемой области. Объединив их в комплексную амплитуду, получаем граничные условия для уравнения Гельмгольца, соблюдение которых должно привести к появлению того самого заранее заданного распределения амплитуд колебаний в пространстве, что и является целью. В том случае если заранее задано распределение фаз в пространстве, путь решения аналогичен, но для нахождения граничных условий необходимо вычислить распределение амплитуд в пространстве.

В качестве примера рассмотрена задача: найти распределение фаз на поверхности кругового излучателя, структура которого и распределение амплитуд в пространстве цилиндрически симметричны. Распределение амплитуд в пространстве выбрано в виде:

$$A = A_0 f\left(\frac{z}{L}\right) f\left(\frac{\rho}{R}\right), \quad (2)$$

где $f(x) = 1 - 3x^2 + 3x^4 - x^6$, $R = 0.5$ мкм – радиус излучателя, $L = 10$ мкм – длина лезвия, A_0 – константа. Длина волны выбрана $\lambda = 640$ нм.

После подстановки выбранного распределения амплитуд в (1) получено:

$$\left(\left(\frac{\Delta A}{A} + k^2 \right) \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \rho^2} - \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{\Delta A}{A} + k^2} - \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \rho} \right)^2 \right) \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\Delta A}{A} \right) + \frac{\partial \varphi}{\partial \rho} \frac{\partial}{\partial \rho} \left(\frac{\Delta A}{A} \right) + \left(\frac{1}{\rho} + \frac{2}{A} \frac{\partial A}{\partial \rho} \right) \left(\frac{\Delta A}{A} + k^2 - \left(\frac{\partial \varphi}{\partial \rho} \right)^2 \right) \frac{\partial \varphi}{\partial \rho} \right) \Big|_{z=0} = 0. \quad (3)$$

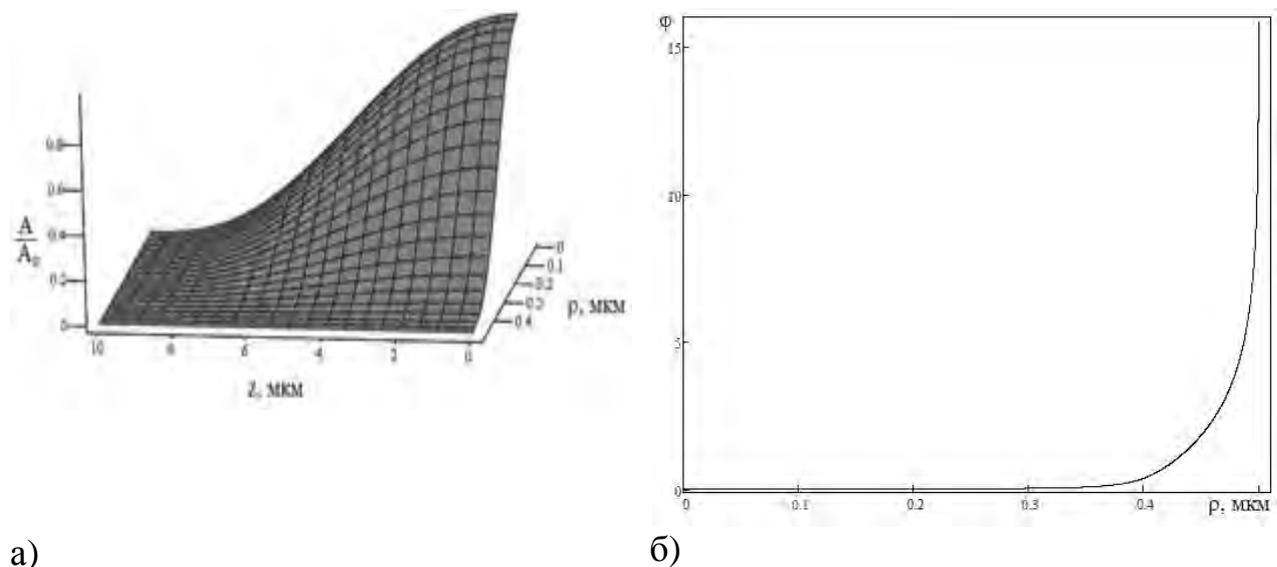


Рис. 1. Распределение амплитуд в пространстве и фаз электромагнитного поля на поверхности излучателя

Из приведенных графиков распределения амплитуд в пространстве и фаз на поверхности излучателя (см. рис. 1а и 1б) видно, что решение, для приведенного случая, существует. Так как система (1) получена из уравнения Гельмгольца без применения каких-либо приближений, то решения, полученные для системы (1), за исключением быть может особых, являются решениями и для уравнения Гельмгольца. Т.е., используя систему (1) можно получить любую, заранее заданную интерференционную картину, если она является возможной.

Список литературы

1. Gonçalo C.R., Joost R.D.. Opportunities in laser cutting with direct diode laser configurations // *CIRP Annals*. 2017. № 66. – P. 245–248.
2. Georgi M.M., Aleksandr I.O., Lilija I.M.. An Approach to Building a Specialized CNC System for Laser Engraving Machining // *Procedia CIRP*. 2016. № 41. P. 998–1003.
3. Daniel J.T.. 3D white light interferometry assessment of robotic laser scalpel assisted surgery to minimize scar tissue formation // *International Journal of Surgery*. 2017. № 38. – P. 117–118.
4. Ann A.M. Bui, Alexander B. Stilgoe, Isaac C.D. Lenton. Theory and practice of simulation of optical tweezers // *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*. 2017. № 195. P. 66–75.
5. Jun Xie, Lide You, Shuhuai Huang. Real-time focus control in broad flat field laser material processing // *Optics & Laser Technology*. 2008. №40. – P. 330–336.
6. Ann A.M. Bui, Alexander B. Stilgoe, Isaac C.D. Lenton. Theory and practice of simulation of optical tweezers. – P. 66–75.
7. Selcuk A., Bing Z., Michael F. Generation of long plasma channels in air by focusing ultrashort laser pulses with an axicon // *Optics Communications*. 2009. Volume 282 Issue 1. – P. 129–134;
8. Галинский М.К. Распределенное фокусирование лазерного излучения. Лучевая оптика // *Вестник Луганского Национального Университета имени Владимира Даля*. 2017. №2(4) Ч.1. – С. 152–156.
9. Luis V., Salvador J., Alexander B.S. The wave equation: From eikonal to anti-eikonal approximation // *Modern Electronic Materials*. 2016. № 2. – P. 51–52.
10. Матвеев А.Н. Оптика. Москва: Издательство «Высшая школа». 1985. – 351 с.; Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 4. Оптика. – М.: ФИЗМАТЛИТ. 2005. – 792 с.

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ БЕТОНОВ С ВЫСОКИМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ

Гончаренко А.А.,

Назарова А.В., канд. техн. наук, с.н.с.

ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет», г. Луганск

aisk.lnau@yandex.ua

В начале XXI века одним из наиболее перспективных направлений в области строительного материаловедения является создание материалов с принципиально новыми характеристиками, приближающими их к металлу, керамике и полимерам. Представляется, что эту серьезную задачу можно решить, привлекая комплексные органоминеральные модификаторы специального назначения, с использованием которых окажется возможным получить многокомпонентные вяжущие вещества. Такие новые строительные материалы должны характеризоваться высокими прочностными показателями при изгибе и растяжении, а также высокой плотностью и прочностью при сжатии.

Применение бетонов высокой прочности для изготовления конструкций позволит не только существенно расширит возможности и повысить научно-технический уровень строительства, но и поднять технико-экономические показатели на более высокий уровень, то есть значительно повышается качество, и долговечность строительных конструкций.

Согласно европейским стандартам для нового поколения бетонов приняты современные термины:

- «высокопрочный» бетон (High Strength Concreters – HSC) – это бетон с прочностью при сжатии образцов-кубов $R_{сж} \geq 60$ МПа при низком водоцементном отношении $V/C < 0,4$, повышенной пластичности при осадке конуса $OK \geq 18$ см и высокой плотности.
- «высококачественный» бетон (High Performance Concreters – HPC) – это бетон с прочностью при сжатии образцов-кубов $R_{сж} = 60...150$ МПа, низкая проницаемость для воды (W12...W20) и газов, низкая усадка и ползучесть.
- «особо высокопрочные» бетоны (Ultra High Strength Concreters – UHSC) – это бетон с прочностью при сжатии образцов-кубов $R_{сж} = 200...800$ МПа и средней плотностью $2500...3000$ кг/м³ [1].

На сегодня концепцию бетонов с высокими эксплуатационными свойствами можно изложить следующим образом:

а) доступная технология производства бетонных смесей и бетонов с широким диапазоном свойств, основанная на использовании сложившейся производственной базы и традиционных материалов;

б) высокие физико-технические характеристики бетонов – класс по прочности до В80, низкая проницаемость для воды (W12...W20) и газов, низкая усадка и ползучесть, повышенная коррозионная стойкость и долговечность, т.е. свойства, сочетание которых или преобладание одного из которых обеспечивает высокую надежность конструкций в зависимости от условий эксплуатации .

Реализация концепции бетонов оказалась возможной, прежде всего, благодаря комплексному применению суперпластификаторов и микрокремнезема. Оптимальное сочетание указанных добавок – модификаторов, а, при необходимости, совмещение с ними в небольших количествах и других органических и минеральных материалов позволяет управлять реологическими свойствами бетонных смесей и модифицировать структуру цементного камня на микроуровне так, чтобы придать бетону свойства обеспечивающие высокую эксплуатационную надежность конструкций [2].

За высокопрочными бетонами стоит будущее, которое обеспечит высокие эксплуатационные характеристики и позволит решать сложнейшие проблемы в строительстве. В современных условиях возможно получать бетоны нового поколения с высокими эксплуатационными свойствами, не усложняя технологии производства бетонных работ, с помощью оптимизации состава, повышения уровня контроля качества составляющих, условий приготовления и применение современных органоминеральных модификаторов.

Список литературы

1. СТ РК EN 206-1-2011 (EN 206-1:2000) Бетон. Часть 1. Технические требования, показатели, производство и соответствие // Общество ЭришБетон. Дублин, 2004. – С.8-22
2. Каприелов С.С. Общие закономерности формирования структуры цементного камня и бетона с добавкой ультрадисперсных материалов // С.С.Каприелов / Бетон и железобетон. – №4. – 1995. – С. 16-20.

ВЛИЯНИЕ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ПОЛЯРИТОННЫЙ СПЕКТР 1D РЕШЕТКИ МИКРОПОР

Гуменник К.В., Федоров С.А.,

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

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина, г. Донецк

kgumennyk@gmail.com

В оптике конденсированных сред значительный интерес представляет исследование электромагнитных возбуждений в неидеальных 1D решетках микропор в условиях однородной упругой деформации (параметр деформации ε). Рассмотрим одноподрешеточную цепочку одинаковых пор, содержащих случайным образом квантовые точки двух типов с концентрациями соответственно $C_c^{(1)}$ и $C_c^{(2)}$. Причем эти микропоры-резонаторы также случайным образом удалены на расстояниях между ближайшими соседями: либо $a_1(\varepsilon)$ с концентрацией $C_T^{(1)}$, либо $a_2(\varepsilon)$ с концентрацией $C_T^{(2)}$. Предполагаем, что плотность возбужденных состояний элементов в резонаторной и атомарной подсистемах мала. В этом случае для нахождения состояний соответствующих возбуждений исследуемой системы в одноуровневой модели можно использовать приближение Гайтлера-Лондона [1]. Расчет поляритонного спектра $\Omega(k, \varepsilon)$ для такой системы проведен с использованием приближения виртуального кристалла [2,3]. Процедура конфигурационного усреднения (обозначенная далее угловыми скобками) «восстанавливает» трансляционную инвариантность исследуемой неидеальной структуры. Таким образом, собственные значения и собственные функции гамильтониана $\langle \hat{H} \rangle$ полученной виртуальной структуры могут характеризоваться волновым вектором \mathbf{k} . Диагонализация гамильтониана $\langle \hat{H} \rangle_{\mathbf{k}}$ приводит к системе линейных однородных уравнений, условием разрешимости которой является равенство нулю детерминанта:

$$\left\| \begin{array}{cc} \hbar \langle \omega_n^{at}(\varepsilon) \rangle_c + \langle V(k, \varepsilon) \rangle_{c,T} - \hbar \Omega(k, \varepsilon) & \langle g_n(\varepsilon) \rangle_c \\ \langle g_n(\varepsilon) \rangle_c & \hbar \omega^{ph}(\varepsilon) - \langle A(k, \varepsilon) \rangle_T - \hbar \Omega(k, \varepsilon) \end{array} \right\| = 0 \quad (1)$$

ω_n^{ph} – частота фотонной моды электромагнитного возбуждения, локализованного в n -ом узле (резонаторе), $\hbar \omega_n^{at}$ – энергия возбуждения квантовой точки в узле n , $\hat{V}_{mm}^{\varepsilon}$ – оператор кулоновского взаимодействия квантовой точки в резонаторе $n\alpha$ с квантовой точкой в $m\beta$ -ом резонаторе;

\hat{A}_{nm} – оператор, описывающий перекрытие оптических полей n -го и m -го – резонаторов (и, следовательно, определяющий вероятность перескока соответствующего электромагнитного возбуждения), матрица этого резонансного взаимодействия g_n . Из (1) следует, что закон дисперсии $\Omega(k, \{C_C, C_T\}, \varepsilon)$ поляритонных возбуждений в искомой неидеальной системе определяется частотными характеристиками как резонаторной, так и атомарной подсистем, а также и явным видом выражений $A(k, \{C_T\}, \varepsilon)$ и $V^{v,\mu}(k, \{C_T\}, \varepsilon)$. В дальнейшем в рамках данной модели зависимость параметров $A[d(\{C_T\}, \varepsilon), \varepsilon]$ и $V^{v,\mu}[d(\{C_T\}, \varepsilon), \varepsilon]$ от степени деформации и концентрации дефектов полагаем (для $a_2(\varepsilon) > a_1(\varepsilon)$) равными:

$$\begin{bmatrix} V^{v,\mu}[d(\{C_T\}, \varepsilon), \varepsilon] \\ A[d(\{C_T\}, \varepsilon), \varepsilon] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V^{v,\mu}(a_1|_{\varepsilon=0}) \\ A(a_1|_{\varepsilon=0}) \end{bmatrix} \exp\left[-\frac{|d(\{C_T\}, \varepsilon) - a_1(\varepsilon)|}{a_1(\varepsilon)} - \varepsilon\right], \quad (2)$$

$d(\{C_T\}, \varepsilon) = C_T^{(1)} a_1(\varepsilon) + C_T^{(2)} a_2(\varepsilon)$, $a_1|_{\varepsilon=0} \equiv a_1$, $a_2|_{\varepsilon=0} \equiv a_2$. Величины $A(a_1), V^{v,\mu}(a_1)$ характеризуют соответственно перекрытие оптических полей соседних резонаторов и взаимодействие соседних квантовых точек в одномерной идеальной решетке, период которой равен a_1 . Именно такая цепочка микрорезонаторов выбрана в качестве базовой при вариации расстояний между ними.

Численный расчет соответствующих величин выполнен для конкретных модельных значений [4] частот резонансных фотонных мод, локализованных в резонаторах с собственной частотой $\omega^{ph} = 2\pi \times 387,5 \text{ ТГц} \approx 2434 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$, квантовые точки 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 $A(a_1), V^{v,\mu}(a_1)$ считаем равными: $A/2\hbar = 8 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$, $V^{11}/2\hbar = 1 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$, $V^{22}/\hbar = 3 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$, причем 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 $\Omega_{\pm}(k, C_C, C_T)$ исследуемых коллективных возбуждений в неидеальной решетке микрорезонаторов, представлены на рис. 1.

Выполненное в работе изучение зависимости параметров спектра элементарных возбуждений бинарной 1D неидеальной решетки связанных микропор, показывает, что в результате внешних воздействий на

исследуемую систему можно добиться необходимого изменения энергетической структуры электромагнитных возбуждений и, следовательно, оптических свойств данной системы, обусловленных перестройкой электромагнитного спектра.

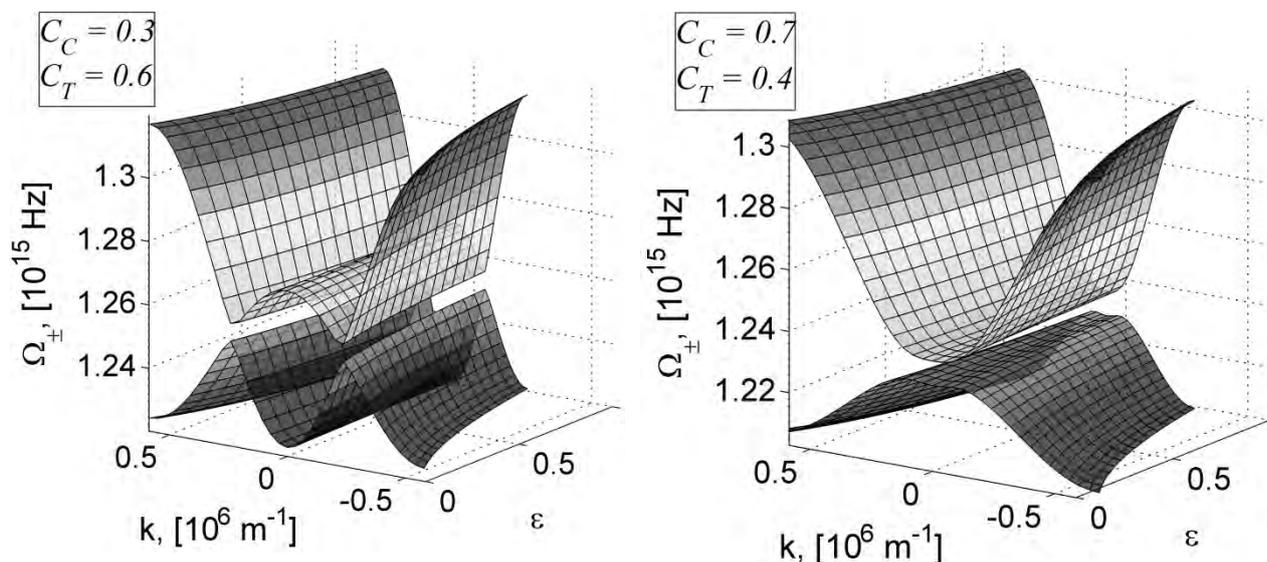


Рис. 1. Поляритонные частоты в верхней и нижней дисперсионных ветвях как функции волнового вектора и степени деформации, при фиксированном значении концентрации квантовых точек.

Этот вывод проиллюстрирован на конкретном примере 1D решетки микрорезонаторов, содержащих квантовые точки в условиях однородной деформации. Представленные результаты численного моделирования позволяют расширить возможности создания нового класса функциональных материалов – фотонных кристаллических систем (цепочек микропор), позволяющих контролировать распространение электромагнитных возбуждений в таких композитных структурах, находящихся под внешним воздействием.

Список литературы

1. Agranovich V.M. Theory of Excitons. – Moscow. Nauka Publishers, 1968.
2. Ziman J. M., Models of disorder: The theoretical physics of homogeneously disordered systems, Cambridge University Press, Cambridge (1979).
3. Los' V. F. // Theor. Math. Phys. 1987. V.73, P. 1076. DOI: 10.1007/BF01022966.
4. Румянцев В.В. Поляритонные возбуждения в неидеальной цепочке микрорезонаторов с квантовыми точками // В.В.Румянцев, С.А.Федоров, К.В.Гуменник / ФТТ. 2017. – Т.59, №4. – С.741-747.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ В НЕИДЕАЛЬНОЙ 1D РЕШЕТКЕ МИКРОПОР

Гуров Д.А., Федоров С.А.,

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

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина, г. Донецк

pirog2006@yandex.ru

Опираясь на разработанный в [1] подход, рассмотрим электромагнитные возбуждения в решетке микропор с произвольным числом s подрешеток. Причем каждый из туннельно связанных микропор-микрорезонаторов содержит по одной оптической моде. В исследуемом случае упругих деформаций гамильтониан $\hat{H}(\mathcal{E})$ электромагнитных возбуждений, локализованных в резонаторах, зависит от тензора деформации \mathcal{E} .

В предположении, что плотность возбужденных состояний элементов в резонаторной и атомарной подсистемах мала, гамильтониан $\hat{H}(\mathcal{E})$ в одноуровневой модели в приближении Гайтлера-Лондона, имеет вид [2]:

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

где

$$\begin{aligned} D_{\bar{n}\alpha, \bar{m}\beta}^{11}(\mathcal{E}) &= \hbar\omega_{\bar{n}\alpha}^{at} \delta_{\bar{n}\alpha, \bar{m}\beta} + V_{\bar{n}\alpha, \bar{m}\beta}(\mathcal{E}), \quad D_{\bar{n}\alpha, \bar{m}\beta}^{22} = \hbar\omega_{\bar{n}\alpha}^{ph} \delta_{\bar{n}\alpha, \bar{m}\beta} - A_{\bar{n}\alpha, \bar{m}\beta}(\mathcal{E}), \\ D_{\bar{n}\alpha, \bar{m}\beta}^{12}(\mathcal{E}) &= D_{\bar{n}\alpha, \bar{m}\beta}^{21}(\mathcal{E}) = g_{\bar{n}\alpha}(\mathcal{E}) \delta_{\bar{n}\alpha, \bar{m}\beta}, \quad \hat{\Phi}_{\bar{n}\alpha}^{\lambda=2} = \hat{\Psi}_{\bar{n}\alpha}, \quad \hat{\Phi}_{\bar{n}\alpha}^{\lambda=1} = \hat{B}_{\bar{n}\alpha} \end{aligned} \quad (2)$$

В выражениях (1,2) $\omega_{\bar{n}\alpha}^{ph}$ – частота фотонной моды электромагнитного возбуждения, локализованного в $\bar{n}\alpha$ -ом узле (резонаторе), $\hat{\Psi}_{\bar{n}\alpha}^+, \hat{\Phi}_{\bar{n}\alpha}$ – Бозе-операторы рождения и уничтожения этой фотонной моды в узельном представлении, $\hbar\omega_{\bar{n}\alpha}^{at}$ – энергия возбуждения квантовой точки в узле $\bar{n}\alpha$, $\hat{B}_{\bar{n}\alpha}, \hat{B}_{\bar{n}\alpha}^+$ – Бозе-операторы рождения и уничтожения этого возбуждения, $A_{\bar{n}\alpha\bar{m}\beta}(\mathcal{E})$ – матрица резонансного взаимодействия, характеризующая перекрытие оптических полей резонаторов $\bar{n}\alpha$ -го и $\bar{m}\beta$ -го узлов решетки и, следовательно, определяющего вероятность перескока соответствующего электромагнитного возбуждения, $V_{\bar{n}\alpha\bar{m}\beta}(\mathcal{E})$ – матрица резонансного взаимодействия квантовых точек в узлах $\bar{n}\alpha$ и $\bar{m}\beta$, $g_{\bar{n}\alpha}(\mathcal{E})$ – матрица резонансного взаимодействия квантовой точки в узле $\bar{n}\alpha$ с локализованным в этом узле электромагнитным полем. Индексы λ, σ фиксируют наличие или отсутствие (при значении 2) квантовой точки в соответствующей поре.

В последнем соотношении равенства в (1) (сумма по \vec{k}): матрицы $D_{\alpha\beta}^{\lambda\sigma}(\vec{k}, \mathcal{E})$ и $\Phi_{\alpha\lambda}(\vec{k})$ имеют вид соответственно:

$$D_{\alpha\beta}^{\lambda\sigma}(\vec{k}, \mathcal{E}) = \sum_{\vec{m}} D_{\vec{n}\alpha\vec{m}\beta}^{\lambda\sigma}(\mathcal{E}) \exp[i\vec{k} \cdot (\vec{r}_{\vec{n}\alpha} - \vec{r}_{\vec{m}\beta})] \quad \text{и} \quad \Phi_{\alpha\lambda}(\vec{k}) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{\vec{n}} \Phi_{\vec{n}\alpha\lambda} \exp(-i\vec{k} \cdot \vec{r}_{\vec{n}\alpha}) \quad (N -$$

число элементарных ячеек исследуемой решетки). Такое представление матриц оказалось возможным в силу сохранения трансляционной инвариантности системы при однородных деформациях. 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 \mathcal{E} .

Расчет собственных значений гамильтониана (1) проведен путем его диагонализации в результате применения преобразования Боголюбова-Тябликова [2]. Выполнение указанной процедуры, позволило получить следующее выражение, определяющее спектр элементарных возбуждений $\Omega(\vec{k}, \mathcal{E})$:

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

На основе приведенной выше теории рассмотрим подробнее особенности спектра экситоноподобных возбуждений в системе микропор без квантовых точек. Для конкретизации задачи рассмотрим 1D решетку микропор в однородной и изотропной среде, находящуюся в условиях напряжений (сжатие или растяжение), направленных вдоль оси цепочки. При однородном деформировании исследуемого массива, которое описывается с помощью тензора деформации \mathcal{E} , положение каждой микропоры меняется. Для таких деформаций постоянная $d(\varepsilon)$ 1D решетки имеет вид:

$$d(\varepsilon) = (1 + \varepsilon)d_0, \quad (4)$$

где d_0 - постоянная решетки недеформированной структуры, ε - соответствующая компонента тензора \mathcal{E} .

В дальнейшем остановимся на исследовании двухподрешеточной 1D системе микропор-резонаторов. Положение в решетке микрорезонаторов определяет равенство: $r_{n\alpha}(\varepsilon) = r_n(\varepsilon) + r_\alpha(\varepsilon)$, поэтому положение микропор первой и второй подрешеток в нулевой элементарной ячейке ($r_{n=0} = 0$) задают соотношения соответственно: $r_{01} = 0$ и $r_{02}(\varepsilon) = a(\varepsilon)$. Спектр экситоноподобных возбуждений $\Omega(k, \varepsilon)$ следует из соотношения (3):

$$\left\| \begin{array}{cc} \hbar\Omega(k, \varepsilon) - \hbar\omega_1^{ph} & A_{12}(k, \varepsilon) \\ A_{21}(k, \varepsilon) & \hbar\Omega(k, \varepsilon) - \hbar\omega_2^{ph}(\varepsilon) \end{array} \right\| = 0. \quad (5)$$

Величины $A_{\alpha\beta}(k, \varepsilon)$ в (5) – фурье-образы матрицы $A_{n\alpha m\beta}(\varepsilon)$ резонансного взаимодействия: $A_{\alpha\beta}(k, \varepsilon) = \sum_m A_{n\alpha m\beta}(\varepsilon) \exp\{ik[r_{n\alpha}(\varepsilon) - r_{m\beta}(\varepsilon)]\}$. В рамках используемой модели в приближении ближайших соседей матричные элементы $A_{\alpha\beta}(k, \varepsilon)$ приобретают следующий вид:

$$\begin{aligned} A_{12}(k, \varepsilon) &\cong A_{12}[a(\varepsilon)] \exp[-ik \cdot a(\varepsilon)] + A_{12}[d(\varepsilon) - a(\varepsilon)] \exp\{-ik \cdot [d(\varepsilon) - a(\varepsilon)]\}, \\ A_{21}(k, \varepsilon) &= A_{21}[a(\varepsilon)] \exp[ik \cdot a(\varepsilon)] + A_{21}[d(\varepsilon) - a(\varepsilon)] \exp\{ik \cdot [d(\varepsilon) - a(\varepsilon)]\} \end{aligned} \quad (6)$$

Соотношение (4) показывает, что закон дисперсии $\Omega(k, \varepsilon)$ элементарных электромагнитных возбуждений в искомой деформированной системе микропор определяется как частотными характеристиками решетки резонаторов, так и явным видом величины $A(k, \varepsilon)$, а также характером деформации (например, одноосным растяжением, $\varepsilon > 0$, или сжатием $\varepsilon < 0$).

Расчет соответствующих величин, определяющих особенности спектра электромагнитных возбуждений, вызванные упругой деформацией данной 1D структуры микропор при одноосной деформации, проведен для однородной и изотропной одномерной среды с использованием численных значений [3].

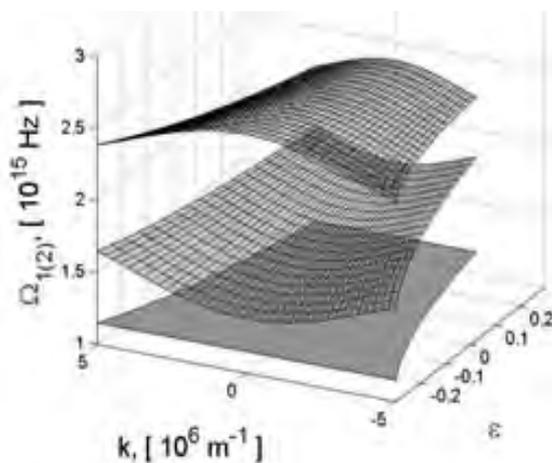


Рис. 1. Дисперсия элементарных электромагнитных возбуждений в искомой деформированной системе микропор

Список литературы

1. Rumyantsev V.V., Fedorov S.A., Gumennyk K.V., Sychanova M.V., Kavokin A.V. Nature. Scientific Reports. 2014. 4: 6945.
2. Agranovich V.M. Theory of Excitons. Moscow. Nauka Publishers, 1968.
3. Румянцев В.В. Поляритонные возбуждения в неидеальной цепочке микрорезонаторов с квантовыми точками // В.В.Румянцев, С.А.Федоров, К.В. Гуменник / ФТТ. 2017. – Т.59, №4. – С.741-747.

ДВУХМОДОВЫЕ СТРУКТУРЫ ТВЕРДЫХ ТЕЛ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПРИ МЕГАПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Дояр М.И.,

Метлов Л.С., д-р физ.-мат. наук,

Ткаченко В.М., канд физ.-мат. наук

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

При мегапластической деформации (МПД) протекают процессы, как генерации структурных дефектов, приводящие к фрагментации зеренной структуры, так и их аннигиляции, приводящие к рекристаллизации [1]. Одновременное наличие крупных и мелких зерен обеспечивает сочетание высокой прочности и относительно хорошей пластичности.

Основной целью настоящей работы является выяснение вопроса о возможности применения неравновесной эволюционной термодинамики [2] для моделирования влияния двухмодового распределения размеров зерен на эволюцию структуры и свойств и сравнение теоретических расчетов с экспериментом [1].

На рис. 1 представлено схематическое изображение рассматриваемой структуры металла, состоящей из крупных и мелких зерен. Предполагается,

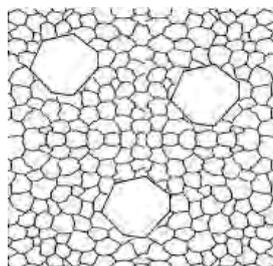


Рис. 1. Схематическое изображение структуры металла с бимодальным распределением зерен по размерам

что зерна с разными размерами представляют собой два разных «дефекта», каждый из которых следует описывать отдельным кинетическим уравнением. Так, мелкие зерна граничат друг с другом, в совокупности образуют континуальную среду и характеризуются плотностью границ зерен. Крупные зерна изолированы друг от друга, погружены в матрицу из

мелких зерен и описываются как объемные дефекты мезоуровня. Если к этим «дефектам» добавить дислокации, то тогда, с учетом тройного вклада плотности эффективной внутренней энергии u будет иметь вид:

$$u = u_0 + \sum_{m=b,D,G} \left(\varphi_{0m} h_m - \frac{1}{2} \varphi_{1m} h_m^2 + \frac{1}{3} \varphi_{2m} h_m^3 - \frac{1}{4} \varphi_{3m} h_m^4 \right) + \varphi_{bG} h_b h_G + \varphi_{bD} h_b h_D + \varphi_{GD} h_G h_D \quad (1)$$

где u_0 – внутренняя энергия бездефектного материала; h_b , h_G , h_D – плотность границ зерен, плотность зерен большого размера и плотность дислокаций, соответственно; φ_{0m} , φ_{1m} , φ_{2m} , φ_{3m} – параметры модели по каждому типу дефекта отдельно; φ_{bG} , φ_{bD} , φ_{GD} – параметры модели, учитывающие попарное взаимодействие «дефектов» различных типов между собой.

Кинетические уравнения в этом конкретном случае можно записать в явном виде:

$$\begin{aligned}\frac{\partial h_b}{\partial t} &= \gamma_b \frac{\partial u}{\partial h_b} = \gamma_b (\varphi_{0b} - \varphi_{1b} h_b + \varphi_{2b} h_b^2 - \varphi_{3b} h_b^3 + \varphi_{bG} h_G + \varphi_{bD} h_D), \\ \frac{\partial h_D}{\partial t} &= \gamma_D \frac{\partial u}{\partial h_D} = \gamma_D (\varphi_{0D} - \varphi_{1D} h_D + \varphi_{bD} h_b + \varphi_{GD} h_G), \\ \frac{\partial h_G}{\partial t} &= \gamma_G \frac{\partial u}{\partial h_G} = \gamma_G (\varphi_{0G} - \varphi_{1G} h_G + \varphi_{bG} h_b + \varphi_{GD} h_D).\end{aligned}\tag{2}$$

Будем считать, что исходный образец состоит из крупных равномерно распределенных зерен, и что в результате МПД зеренная система эволюционирует вплоть до выхода системы на стационарный режим, по размеру зерен формируется только одна мода – мелкие зерна. В эксперименте этому процессу может соответствовать режим фрагментации исходной структуры. Затем искусственно введем крупные зерна, и посмотрим, каким образом их наличие скажется на достигнутых параметрах материала. Если сделать такое упрощение (предположение), то система описывается в рамках двухдефектной модели, учитывающей только границы «мелких» зерен (b) и дислокации (D), первыми двумя уравнениями в (2). И только после выхода системы на стационарный режим в момент времени $t = 0.6$ с добавляется третий дефект (G – крупные зерна). В эксперименте эти крупные зерна появляются в результате релаксационных процессов, таких как динамическая рекристаллизация, и в процессе дальнейшей деформационной обработки могут снова фрагментироваться. Таким образом, в материале происходит генерация и аннигиляция крупных зерен с выходом значений на стационарный уровень.

Расчет кинетики системы приведен на рис. 2. Рассмотрены случаи, когда крупные зерна отсутствуют ($h_G=0$) на протяжении всего расчета и случаи с разным начальным количеством крупных зерен (h_{0G}).

С одной стороны крупные зерна, погруженные в матрицу из мелких зерен, исполняют роль препятствий для механизмов взаимодействия между мелкими зернами, что в результате приводит к размножению дислокаций и упрочнению материала. С другой стороны в крупных зернах происходит генерация, скольжение и взаимодействие между собой дислокаций, приводящее к уменьшению количества крупных зерен за счет фрагментации и увеличению плотности границ зерен малого размера, что также способствует увеличению прочностных свойств твердого тела.

Таким образом, результаты модели показали, что начальной стадии преобладают процессы пластической деформации, приводящие к фрагментации зерен, монотонному формированию дефектной структуры, росту плотности дислокаций и объемной плотности суммарной поверхности границ мелких зерен. Через определенное время, этот канал релаксации

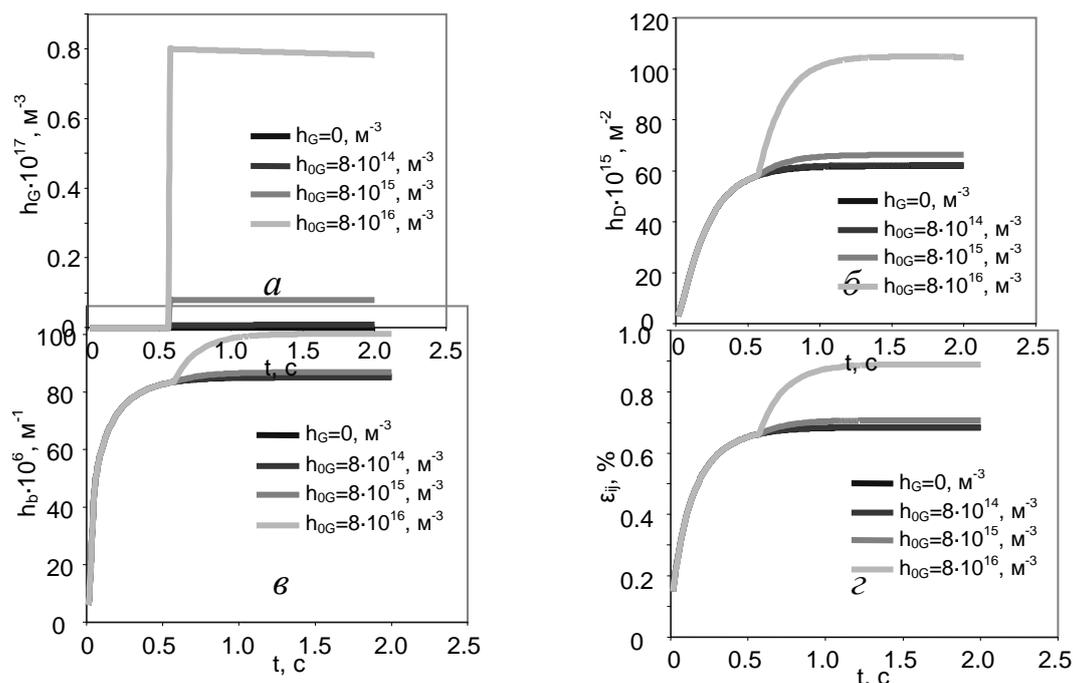


Рис. 2. Зависимости изменения плотности крупных зерен h_G (а), плотности дислокаций h_D (б), плотности границ мелких зерен h_b (в) и упругих деформаций ε_{ij} (г) от времени расчета

упругой энергии перестает быть эффективным, и дефектная структура эволюционирует за счет активации другого релаксационного процесса – динамической рекристаллизации. При уравнивании интенсивности этих процессов система выходит на асимптотические значения всех параметров. В момент введения крупных зерен сформировавшийся баланс вновь нарушается, и с течением времени формируется новое стационарное значение тех же параметров. Анализируя результаты модели, можно предположить, что эффект дополнительного упрочнения структуры при введении крупных зерен аналогичен эффекту дисперсионного упрочнения от выделений новых фаз.

Список литературы

1. Бродова И.Г. Сравнение закономерностей формирования структуры алюминиевых сплавов при большой и интенсивной пластической деформации // И.Г.Бродова, А.Н.Петрова, И.Г.Ширинкина / Известия РАН. Сер. Физическая. 2012. – Т. 76, №11. – С. 1378-1383.
2. Metlov L.S. Nonequilibrium dynamics of a two-defect system under severe load // L.S.Metlov // Physical Review E. 2014. Vol. 90, Iss. 2. – P. 022124-1 – 022124-8.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Загородняя А.В.,

Братчун В.И., д-р техн. наук, проф.

ГОУ ЛНР «Луганский Национальный Аграрный Университет», г. Луганск

housenastya@mail.ru

Увеличение объема строительства автомобильных дорог, а также повышение их качества, надежности и долговечности, снижение необходимых материальных затрат, является в настоящее время важной задачей. На первый план выдвигаются проблемы научно обоснованных комплексных методов расчета автомобильных дорог на прочность и долговечность, позволяющих на основе учета реального состояния материала осуществлять оптимальное проектирование с повышением прочности, надежности и долговечности. В связи с этим в последние годы проводится много исследований напряженно-деформированного состояния [2–7], а также затрагиваются вопросы прочности дорожного покрытия.

В зависимости от дорожных условий, а также от режима движения в процессе движения автомобиля по дороге на дорожную одежду действуют различные силы взаимодействия между колесами автомобиля и дорожной конструкцией.

К ним относятся силы, нормальные к поверхности проезжей части, и силы, касательные к поверхности проезжей части, которые, в свою очередь, подразделяют на силы, направленные вдоль траектории движения колес, или продольные, и силы, направленные перпендикулярно к траектории движения колес, или поперечные [3].

Нормальная сила давления колеса (от веса автомобиля), воздействующая на дорожную одежду, является основной расчетной нагрузкой для ее проектирования и расчета на прочность.

Воздействие автомобиля на дорожную одежду характеризуется нагрузкой, приходящейся на ось, удельным давлением в зоне контакта колеса автомобиля с покрытием, временем приложения нагрузки, частотой ее повторения и динамичностью приложения. Указанные показатели определяют напряженно деформированное состояние, износ, работоспособность и срок службы дорожной одежды [1].

Напряжения, обусловленные действием касательных усилий на покрытие, сравнительно быстро затухают по мере удаления от поверхности в глубину и наиболее опасны в пределах верхних слоев. Поэтому касательные усилия учитывают лишь при оценке прочности и сдвигоустойчивости самого покрытия.

С повышением скорости автомобилей время действия растягивающего напряжения в покрытии сокращается, вместе с этим уменьшаются повреждения от транспортных средств. Однако это происходит только на разных покрытиях. При наличии неровностей возникают разрушения из-за динамического воздействия нагрузки. Горизонтальные (тангенциальные) сжимающие и растягивающие напряжения служат причиной пластических деформаций, а также разрушений в верхних слоях дорожной одежды (сдвигов, волн, наплывов и поперечных трещин по следам наката) [2].

Напряженно-деформированное состояние дорожных одежд зависит от их конструктивных особенностей, структуры, свойств материалов и загрузки дороги, поэтому на сегодня актуальным является наиболее полно изучить закономерности работы дорожных конструкций с учетом реального воздействия движущегося транспорта и на этой основе разработка научно-обоснованных методов расчета, позволяющие существенно повысить надежность проектируемых дорожных одежд.

Список литературы

1. Бабков В.Ф. Проектирование автомобильных дорог // В.Ф.Бабков, О.В.Андреев. – Ч. 1. – М.: Транспорт, 1987. – 368 с.
2. Гасанов Ш.Г. Влияние неровности поверхности упругого основания на напряженно-деформированное состояние дорожного покрытия / Ш.Г. Гасанов // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2008. – № 4. – С. 61–64.
3. Гасанов Ш.Г. Расчетный метод исследования усталостного разрушения дорожного покрытия / Ш.Г. Гасанов // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2010. — № 2. – С. 14-20.
4. Есипенко И.А. Оценка надежности нежестких дорожных одежд / И.А. Есипенко, Г.Л.Колмогоров // Вестн. ПНИПУ. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – 2012. – № 1. – С. 110-118.
5. Тукашев Ж.Б. Исследование напряженно-деформированного состояния дорожного покрытия / Ж.Б.Тукашев, Л.А.Адилханова // Геология, география и глобальная энергия. – 2010. – № 2(37). – С. 163-165.
6. Черноус Д.А. Прогнозирование механических характеристик асфальтобетона / Д.А.Черноус, С.В.Шилько, С.Е.Кравченко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2011. – № 1. – С. 72-74.
7. Экспериментальное определение трещиностойкости дорожного покрытия / Г.А.Лаврушин [и др.] // Вологдинские чтения. – 2012. – № 80. – С. 40-41.

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИХ СПЛАВАХ СИСТЕМЫ $Mn_{1-x}Cr_xNiGe$

*Запорожец В.Д.¹, Грибанов И.Ф.²,
Вальков В.И.²*, д-р физ.-мат. наук, проф.

¹ ГОУ ВПО «Донецкий Национальный Университет»,

² ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк
vladislav.z1996@gmail.com

Сплавы системы $Mn_{1-x}Cr_xNiGe$ в настоящее время позиционируются как перспективные «зеленые» магнитокалорические материалы для использования в магнитных рефрижераторах в диапазоне температур, близких к комнатной температуре. Как известно, $MnNiGe$ характеризуется мартенситным фазовым переходом из низкотемпературной орторомбической структуры типа $TiNiSi$ (пространственная группа $Pnma$, $c > a > b$) в высокотемпературную гексагональную структуру типа Ni_2In (пространственная группа $P6_3/mmc$), температура которого при нагревании $T_{st} \sim 528K$ [1]. В литературе отмечается сильная зависимость T_{st} от состава (и, вероятно, от методики приготовления образцов), что приводит к разбросу ее значений у разных авторов. Магнитное упорядочение в основном состоянии – двойная спираль с волновым вектором вдоль a -оси кристаллической решетки. При $T > 260$ К двойная спираль 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 FM-состояния на месте гелимагнитной 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]. В настоящей работе исследовано влияние давления на магнитные и магнитокалорические свойства сплавов $Mn_{1-x}Cr_xNiGe$ ($0,11 < x < 0,25$), в которых спонтанно реализуется FM- состояние.

На рис. 1 представлены температурные зависимости намагниченности медленно охлажденного сплава $Mn_{0,89}Cr_{0,11}NiGe$ при разных давлениях (этот сплав позиционируется как тестовый материал для изучаемой системы). Как видим, зависимость температуры Кюри от давления немонотонная, причем с ростом давления меняется как знак dT_c/dP , так и характер перехода PM–FM

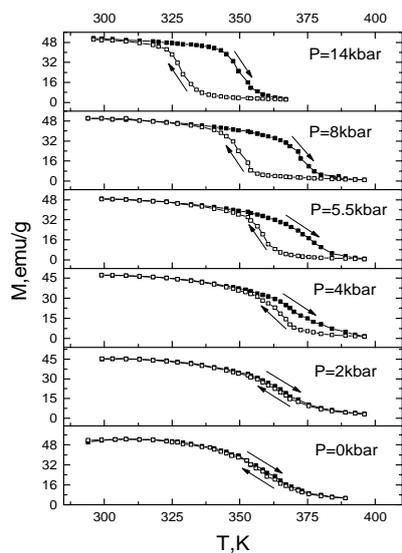


Рис. 1. Температурный ход намагниченности для сплава $Mn_{0.89}Cr_{0.11}NiGe$ в поле $B=1T$

(о чем свидетельствует появление широкого температурного гистерезиса). Такое поведение связано с понижением T_{st} при сжатии решетки вплоть до совмещения структурного и магнитного переходов при $P \sim 4$ кбар, делающего превращение РМ–FM магнито-структурным переходом 1-го рода. Следует отметить, что реализация магнито-структурного перехода путем твердофазной закалки образца приводит к меньшему его размытию и меньшему температурному гистерезису [2], что сказывается на магнитокалорических характеристиках материала. В сплавах с большим содержанием Cr ($x=0,18; 0,25$) превращение РМ-FM уже при атмосферном давлении является магнито-структурным переходом 1-го рода, так что зависимость

$T_c(P)$ в них является монотонной и ниспадающей. Сказанное иллюстрируют результирующие фазовые P - T -диаграммы сплавов с $x=0,11; 0,18; 0,25$, представленные на рис.2,а,б,с и отражающие основные барические особенности магнитных и структурных фазовых превращений в системе $Mn_{1-x}Cr_xNiGe$ ($0,11 < x < 0,25$).

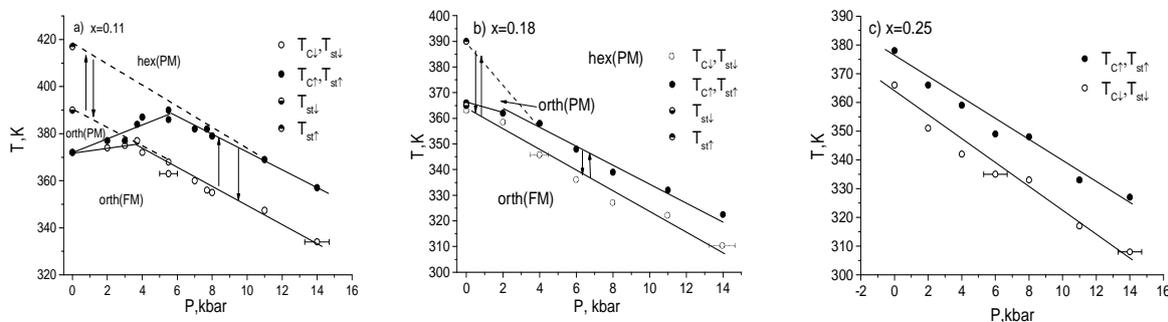


Рис. 2. Фазовые P - T -диаграммы медленно охлажденных сплавов системы $Mn_{1-x}Cr_xNiGe$

Оценка влияния давления на магнитокалорические характеристики исследуемых материалов представлена на рис.3,а,б,с. Температурный ход скачка энтропии при намагничивании образцов в окрестности фазового перехода $FM \leftrightarrow PM$ определялся стандартным образом с использованием соотношения Максвелла, причем серия изотермических кривых намагничивания получалась при соответствующей обработке серии температурных зависимостей намагниченности, снятых в разных магнитных полях от $B=0,1T$ до $B=1T$ с шагом $\sim 0,1T$. Приведенные на рис.3 данные

соответствуют измерению исходных зависимостей $M(T)$ в процессе повышения температуры. Для случая съемки кривых $M(T)$ при охлаждении образцов имеем аналогичные наборы пиков на зависимостях $\Delta S(T)$, смещенных на величину температурного гистерезиса соответствующих переходов FM \leftrightarrow PM.

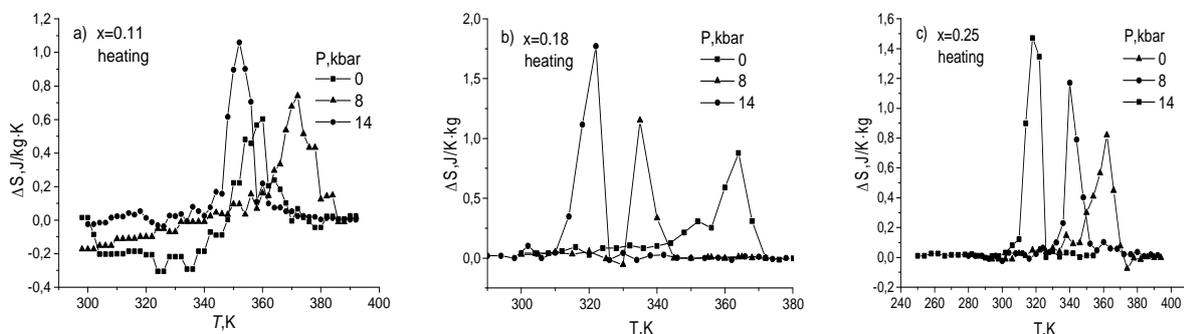


Рис. 3. Влияние давления на скачок энтропии при намагничивании медленно охлажденных сплавов системы Mn_{1-x}Cr_xNiGe в магнитном поле $\Delta B=0-1$ Т вблизи температуры Кюри

Как видно из рис. 3 наложение давления ожидаемо увеличивает скачок энтропии в процессе намагничивания образцов из-за изменения характера переходов FM \leftrightarrow PM. Однако этот скачок остается существенно меньшим, чем у закаленных образцов [2], что, скорее всего, связано с меньшим размытием перехода FM \leftrightarrow PM во втором случае.

Список литературы

1. Н. Fjellvag, A.F. Andresen, J. Magn. Mater. **50**, 291 (1985).
2. И.Ф. Грибанов, А.П. Сиваченко, В.И. Каменев, В.И. Митюк, Л.И. Медведева, Е.А. Дворников, Т.С. Сиваченко, ФТВД **23**, № 3, 15-22 (2013).

ПОСТРОЕНИЕ НЕРАВНОВЕСНОЙ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ ОЛОВО-СВИНЕЦ

Зозуля А.П.

Александров В.Д., д-р хим. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донбасская академия строительства и архитектуры», г. Макеевка
zozulyanastya@yandex.ua

Целью данной работы являлось построение неравновесной диаграммы Sn-Pb по кривым охлаждения сплавов и по величинам переохлаждений относительно линий ликвидуса и солидуса.

Исследования проводились методом термического анализа на образцах массами по 1,0 г, нагреваемых и охлаждаемых с нормальными скоростями в пределах от 5,0 до 7,0 град/мин. Образцы готовили по стандартной методике путём смешения компонентов олова и свинца марки ОСЧ.

Результаты экспериментов показали, что при нагревании фиксируются температуры солидуса T_S и ликвидуса T_L , в результате чего строилась равновесная диаграмма состояния, совпадающая с литературными данными.

При охлаждении, как индивидуальных веществ, олово и свинец, так и их сплавов, кристаллизация начиналась из области переохлаждения при температурах $T_i < T_L$ и $T_i < T_S$. По точкам T_i строилась неравновесная диаграмма, приведённая на рисунке.

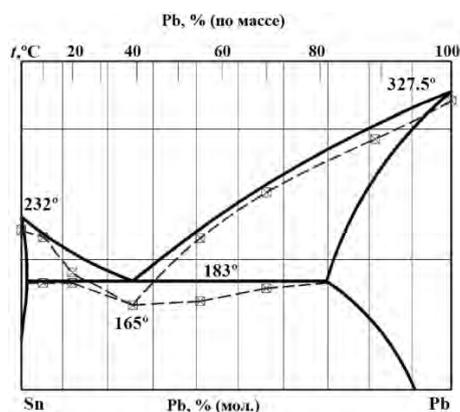


Рис. Диаграмма состояния Sn-Pb с границами метастабильности, как относительно линии ликвидуса, так и относительно линии солидуса

Из рисунка видно, что неравновесная диаграмма (пунктирные линии) смещена относительно равновесной диаграммы (сплошные линии). Кроме того, наблюдается определённые закономерности: увеличение переохлаждений относительно линий ликвидуса и солидуса; понижение эвтектической температуры при эвтектическом составе и неизменность эвтектического состава 61 вес. %Sn + 39 вес. %Pb.

ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРЫ В МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ ПРОВОЛОКЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИНТЕНСИВНОГО ВОЛОЧЕНИЯ

Ивахненко Н.Н.¹, канд. физ.-мат. наук, м.н.с.

Пушенко Е.И., Варюхин В.Н., Пашинская Е.Г., Ткаченко В.М.,

Самойленко З.А.², д-р физ.-мат. наук, в. н. с.

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

² ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли
им. Михаила Туган-Барановского», г. Донецк

yulduz19.77@mail.ru

Исследовали изменения атомного порядка структуры стали 08Г2С после комбинированной обработки, заключающейся в волочении по новой экспериментальной 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. Эксперимент был построен следующим образом: из катанки $\phi 6.5$ проведено волочение обычным способом для получения круглого диаметра $\phi 5.57$; 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 $\phi 4.65$ образец N2; $\varepsilon=23\%$; типоразмер разделили на три части и проволочили через круглую волоку $\phi 4.65$, $\phi 4.46$, $\phi 4.28$. 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 [1, 2].

Расщепленная форма интерференционных максимумов (211) на рентгенограммах образцов (рис. 1) свидетельствует о расслоении в семействах указанных плоскостей на сжатые и растянутые группы плоскостей, которое сопровождается частичным ФП порядок–беспорядок с образованием аморфизированной фракции из фрагментов наноразмерных атомных группировок этих плоскостей (кластеров) [3, 4].

В зависимости от деформации стали выявлен характер изменения симметрии распределения структурных групп относительно углового положения дифракционного максимума от плоскостей (211): для образца с деформацией $\varepsilon=0\%$ максимум в виде симметричной дельтаобразной функции с межплоскостным расстоянием $d_0=1.172\text{\AA}$; для деформированных образцов энергетически предпочтительной реализовалась атомная структура разномасштабной фрагментации при компактировании групп плоскостей (при $h=D/3$) с размерами $D=100-1100\text{\AA}$, в состоянии растяжения (при $\varepsilon=39.6\%$) либо с размерами $D=100-1200\text{\AA}$, в состоянии сжатия (при $\varepsilon=46\%$).

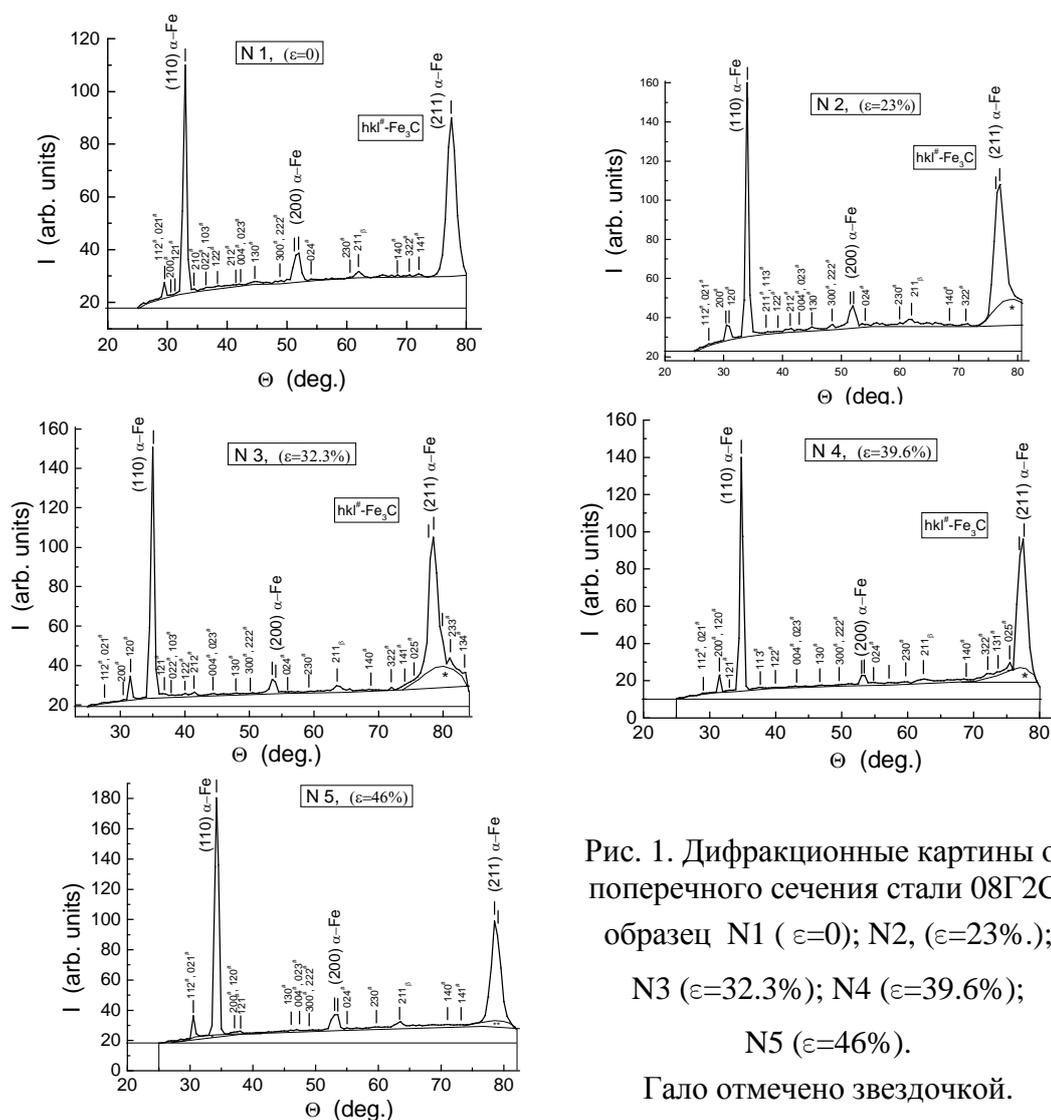


Рис. 1. Дифракционные картины от поперечного сечения стали 08Г2С: образец N1 ($\epsilon=0$); N2, ($\epsilon=23\%$); N3 ($\epsilon=32.3\%$); N4 ($\epsilon=39.6\%$); N5 ($\epsilon=46\%$). Гало отмечено звездочкой.

После комбинированной обработки плотность для всех случаев обжатий увеличилась, из чего следует, что смена сдвиговой волоки на круглую, приводит к залечиванию пор за счет изменения направления течения металла. Установлено, что при увеличении деформации ($\epsilon > 30\%$), интенсивности когерентного и некогерентного рентгеновского $\text{Ст}\alpha$ -излучений количественно изменяются, что доказывает развитие процессов самоорганизации, способствующих увеличению объемной доли порядка относительно беспорядка в стали 08Г2С, даже подвергаемой сильному механическому воздействию ($\epsilon > 30\%$).

Список литературы

1. Пашинская Е.Г. Физико-химические основы измельчения структуры при комбинированной пластической деформации. Вебер, Донецк. (2009). – 352 с.
2. Pashinskaya E.N., Zavdoveev A.V., Maksakova A.A., Varyukhin V.N., Tolpa A.A., Tkachenko V.M. High pressure physics and technics. **25**, 107 (2015).
3. Pashinskaya E., Zavdoveev A., Mironov S., Varyukhin V., Maksakova A. International Journal of Materials Research. **107**, 239 (2016).
4. Самойленко З.А., Ивахненко Н.Н., Пушенко Е.И., Пашинская Е.Г., Варюхин В.Н., ФТТ. **56**, 1186 (2014).

ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ КАСКАДНАЯ СИСТЕМА КРИОМАГНИТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Каманцев А.П.,

Коледов В.В., д-р физ.- мат. наук, в.н.с.

Институт радиотехники и электроники
им. В.А. Котельникова РАН, Москва, Россия

kaman4@gmail.com

Коммерческий успех тепловых насосов и холодильников, на основе материалов с магнитокалорическим эффектом (МКЭ), в решающей степени зависит от рабочих характеристик используемых материалов и области их применения. Был достигнут большой прогресс в оптимизации свойств материалов для устройств, работающих вблизи комнатной температуры, однако множество сплавов проявляют сильный МКЭ в гораздо более широком диапазоне температур, например, сплавы на основе La-Fe-Si [1]. Это открывает возможность создания охлаждающих устройств для сжижения газов, таких как природный газ (150 К), кислород (90 К) или азот (77 К). Также магнитное охлаждение смягчит проблемы экологической безопасности. В частности, хладагенты, используемые в температурном диапазоне 173-223 К, имеют чрезвычайно высокий Потенциал Глобального Потепления (для фреона R508b ППП = 13396 !) или являются легковоспламеняющимися (этан, этилен, пропилен).

Инновационная концепция криомагнитного охлаждения (КМО) позволит значительно сократить затраты на транспортировку сжиженных газов. Три ключевые отличительные черты, определяющие концепцию КМО: (1) сильное магнитное поле создаётся сверхпроводящим магнитом, который охлаждается сжиженным газом, подлежащим сохранению и транспортировке; (2) вакуумный зазор между сжиженным газом и внешним пространством (которое может быть заполнено другим сжиженным газом) обеспечивает как тепловую изоляцию, так и возможность организовать обратный цикл Карно для магнитного охлаждения; (3) каскадная цепь охлаждения – искусственно создается поток тепла из сжиженного газа в окружающую среду с мощностью, достаточной для компенсации естественного теплового потока из внешнего пространства в сжиженный газ.

Схематическое изображение компактного блока КМО дано на рис. 1. Ёмкость со сжиженным газом №1 с температурой T_1 ($СГ_1$) отделена вакуумным зазором от ёмкости со сжиженным газом №2 с температурой $T_2 > T_1$ ($СГ_2$). Сверхпроводящий магнит расположен в вакуумном зазоре и создаёт там сильное магнитное поле H_1 . Рабочее тело из материала с МКЭ расположено внутри вакуумного зазора. Ёмкость со сжиженным газом №1 с температурой T_1 ($СГ_1$) отделена вакуумным зазором от ёмкости со сжиженным газом №2 с температурой $T_2 > T_1$ ($СГ_2$).

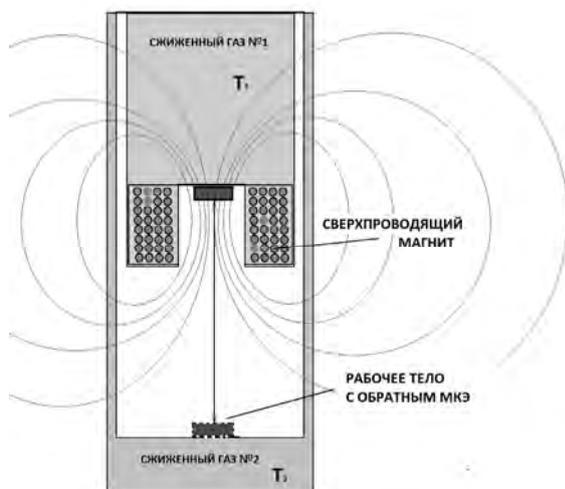


Рис. 1. Схематическое изображение блока КМО. $T_1 < T_2$

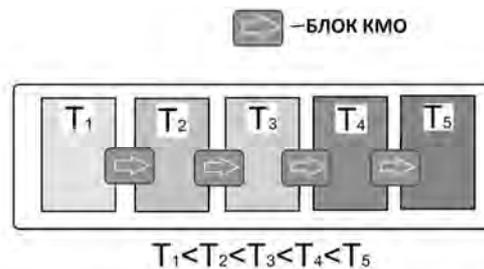


Рис. 2. Концепция каскадной цепи из блоков КМО

Сверхпроводящий магнит расположен в вакуумном зазоре и создаёт там сильное магнитное поле H_1 . Рабочее тело из материала с МКЭ расположено внутри вакуумного зазора. Обратный цикл Карно, обеспечивающий тепловой поток от ёмкости $СГ_1$ к ёмкости $СГ_2$, организован следующим образом: твердотельное рабочее тело (например, с обратным МКЭ) перемещается из области высокого магнитного поля H_1 , где оно термически связано с $СГ_1$ в область с низким магнитным полем $H_1 \gg H_2$, где оно термически связано с $СГ_2$. (см. рис. 1) Чтобы обеспечить работу блока КМО, изменение температуры рабочего тела ΔT , вызванное магнитным полем, должно превышать значение разности температур ($T_2 - T_1$). Изменение температуры ΔT , мощность охлаждения W и коэффициент эффективности процесса охлаждения в цикле η являются наиболее важными параметрами, которые определяют эффективную работу блока КМО.

На рис. 2 представлена концепция каскадной цепи блоков КМО для перекрытия широкого температурного диапазона ($T_5 - T_1$), например, от жидкого гелия ($T_1 = 4$ К) до жидкого азота ($T_5 = 77$ К). Необходимо последовательно подключить несколько различных блоков КМО, в каждом из которых материал с МКЭ адаптирован для покрытия соответствующей разности температур в адиабатическом режиме ($T_2 - T_1$), ($T_3 - T_2$), ($T_4 - T_3$) и ($T_5 - T_4$).

Использование инновационной системы КМО на основе твердотельных материалов с МКЭ позволит существенно сократить расходы на транспортировку сжиженных газов, которые в огромном количестве требуются в различных областях народного хозяйства: быту и промышленности, науке и медицине, а также в качестве моторного и ракетного топлива.

Список литературы

1. Fujieda S. et al. Strong magnetocaloric effects in $La_{1-z}Ce_z(Fe_{x-y}Mn_ySi_{1-x})_{13}$ at low temperatures // Applied physics letters. – 2006. – Т. 89. – №. 6. – С. 062504.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ УГЛЕРОДНЫХ ПЛЁНОК, ЛЕГИРОВАННЫХ ОКСИДОМ ЕВРОПИЯ, НА ОСНОВЕ ИК-СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ

Кириченко В.И.,

Петренко А.Г., д-р физ.-мат. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»,

t0504712123@yandex.ru

Шемченко Е.И., м.н.с.,

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина»

shemal@mail.ru

Магнетрон постоянного тока позволяет строить материалы нужного 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].

Особенно перспективны легированные углеродные наноклонарные массивы [4,5], которые сочетают свойства, определяемые структурой, и материалом. На роль легирующей примеси среди прочих обоснованно претендуют соединения редкоземельных элементов, обладающие ярко выраженной люминесценцией, миллисекундным диапазоном времени жизни возбужденного состояния, фиксированным положением полос электронных переходов [6,7]. Кроме того, редкоземельные металлы при взаимодействии с углеродом могут положительно влиять на образование наноструктуры в материале. Композиты на их основе могут оказаться приемлемыми в качестве компонентов фото- и электролюминесцентных, светопреобразующих, сенсорных устройств, оптоэлектроники, квантовых вычислительных систем. Такие материалы могут быть использованы одновременно в качестве как отдельных элементов, например, кубитов и полосковых лазеров, так и сразу в виде единого твердотельного комплекса кубит-лазер.

Пленки нитрида углерода CN_x , легированного трёхвалентным оксидом европия Eu_2O_3 , получали с помощью магнетрона постоянного тока в атмосфере чистого азота на вакуумной установке ВУП-5М на подложках из гадолиний-галлиевого граната и покровных стёкол для оптической микроскопии. В качестве планарной комбинированной мишени использовалась пластина графита с модифицированным Eu_2O_3 . Температура подложек при этом варьировалась в пределах 200^0-250^0 С для различных образцов. Время роста пленок также варьировалось от 0,5 до 1,0 часа.

Мощность магнетрона постоянного тока не превышал 20 Вт при индукционной стабилизации плазмы разряда и давлении азота в рабочем объёме от 90 до 120 мТорр.

При исследовании таких материалов возникает вопрос получения информации о свойствах образца, не повреждая его. Одним из таких способов является ИК-спектроскопия.

ИК-спектры углеродных плёнок анализировали, используя пакет математического моделирования Origin 7.0 с плагином PkFM. Плагин позволяет разложить полученный спектр на составляющие его компоненты, получив информацию об энергии, типе и количестве электронных связей материала.

В плёнках $CN_x:Eu_yO_z$ были обнаружены характерные пики поглощения связей типа: CN , $C\equiv N$, $C=C$, $C=C sp^2$. Данные типы связей содержит около 88% sp^2 -гибритизованных связей.

Введение примеси оксида РЗМ незначительно меняло соотношение компонент, уменьшая содержание в пленках sp^3 -гибритизованных связей, что связано с графитизацией пленки при легирование РЗМ.

Список литературы

1. Бучаченко А.Л. Нанохимия – прямой путь к высоким технологиям нового века // А.Л.Бучаченко / Успехи химии. – 2003. – №5. – С. 419-437.
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 542-558.
3. Третьяков Ю.Д. Синтез функциональных нанокомполитов на основе твердофазных нанореакторов // Ю. Д.Третьяков, А.В.Лукашин, А.А.Елисеев / Успехи химии. – 2004. №9. – С. 974-998.
4. 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. 1-12.
5. Свиридов В.В. Эллипсометрическое изображение как критерий выбора модели слоя $CN_x:Eu_yO_z$ на SiO_2 // В.В.Свиридов, Е.И.Шемченко, И.А.Вербенко и др. / Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля: Международная научно-практическая конференция "открытые физические чтения – 2017". – Луганск, 2017. – С. 240-246.
6. Полуэктов Н.С. Спектрофотометрические и люминесцентные методы определения лантаноидов // Н.С.Полуэктов, Л.И.Кононенко, Н.П.Ефрюшина и др. – Киев, 1989. 254 с.
7. Паркер С. Фотолюминесценция растворов // С.Паркер. – М., 1972. – 512 с.

ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЗАХВАТ МАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*

*Кладько Д.В.,
Легенький Ю.А., с.н.с.*

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
fatbiolog@gmail.com

Введение. Исследования, связанные с использованием магнитных наночастиц для придания биологическим объектам магнитных свойств, остаются актуальными уже на протяжении более 20 лет. Эти клетки находят свое применение в качестве адсорбентов, биокатализаторов и объектов клеточной инженерии [1, 2, 3]. В России данное направление развивается целым рядом научных школ, расположенных в Казани (КФУ), Москве (НИЦ Курчатовский институт), Томске (ТПУ) и других городах, которые исследуют возможность применения магнитных наночастиц в экологии и биомедицине.

Придание магнитных свойств клеткам осуществляется путем связывания их поверхности или цитоплазмы с магнитным материалом. Для повышения эффективности магнитной модификации в ряде работ предлагается в процессе магнитомаркирования использовать градиентное магнитное поле, направленное параллельно силе тяжести [3]. Объектом настоящего исследования являются дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, являющиеся одним из распространённых объектов для биологических исследований, а также имеющие применение в качестве дешевых и эффективных адсорбентов тяжелых металлов. Целью данной работы является исследование влияния постоянного однородного магнитного поля, имеющего горизонтальное направление, на процесс магнитомаркирования и жизнедеятельность дрожжевых клеток.

Материалы и методы. Для процедуры магнитной модификации были синтезированы магнитные наночастицы методом соосаждения солей железа. Синтез происходил аналогично методике, описанной в работе [2], отличаясь тем, что в качестве стабилизатора поверхности наночастиц в данной работе использовался гидроксид тетраметиламонния (ТМАН). Полученные таким образом магнитные наночастицы использовались в процедуре магнитомаркирования. Приготовление дрожжевой суспензии проводилось аналогично тому, как описано в работе [2].

Процедура магнитной модификации происходила следующим образом: к 3 мл отмытой суспензии дрожжей добавляли 150 мкл Fe_3O_4 , стабилизированных ТМАН и 1 мл 20% раствора глюкозы. Для проверки гипотезы о влиянии магнитного поля в момент магнитной модификации

пробы находились в центрах магнитных систем, создающих однородное магнитное поле с индукциями $B_1 = 0,2$ Тл и $B_2 = 0,4$ Тл.

Для оценки эффективности магнитной модификации измеряли скорость магнитофоретического движения в градиентном магнитном поле и рассчитывали магнитную восприимчивость дрожжей χ . Оценка жизнеспособности дрожжевых клеток проводилась с помощью метода их окрашивания водным раствором метиленового синего в камере Горяева. Метаболическая активность дрожжевых клеток оценивалась с помощью теста «силы подкисления» [4].

Результаты и обсуждение. Установлено, что клетки, магнитомаркированные в магнитном поле, имели в среднем магнитную восприимчивость на 20% больше, чем клетки магнитомаркированные без магнитного поля, что свидетельствует о том, что использование магнитного поля в процессе магнитной модификации приводит к увеличению количества магнитных наночастиц, захваченных клетками. Примечательно, что величина магнитной восприимчивости маркированных клеток не зависит от величины приложенного магнитного поля в исследуемом диапазоне полей. При этом установлено, что после магнитной маркировки в магнитном поле при исследованных условиях маркировки процент живых клеток в популяции уменьшается не более чем на 5 % по сравнению с нативной популяцией. Также установлено, что метаболическая активность магнитомаркированных клеток не угнетается.

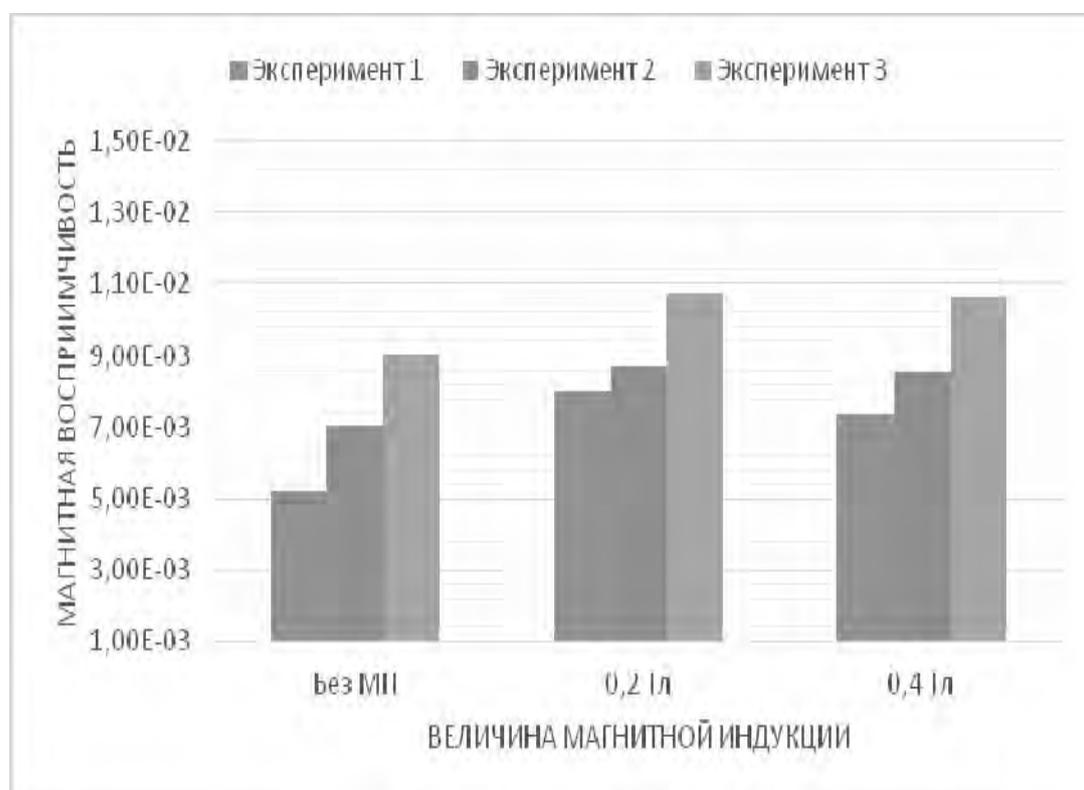


Рис. 1. Магнитная восприимчивость по трем экспериментам для клеток, магнитомаркированных без поля (Без МП) и в магнитном поле (0,2 Тл и 0,4 Тл)

Таким образом, в ходе исследования было выявлено, что под действием постоянного магнитного поля дрожжевые клетки захватывают больше магнитных наночастиц и при этом их жизнеспособность остается на прежнем уровне.

Список литературы

1. Горобець С.В., Карпенко Ю.В., Маринченко Л.В. Використання магнітокерования дріжджів *S. cerevisiae* для вилучення іонів міді// Вісник Донецького Національного Університету, 2010, №1, стр 230-236.
2. Safarikova M., Maderova Z, Safarik I. Ferrofluid modified *Saccharomyces cerevisiae* cells for biocatalysis // Food Research International, 2009, №42, pp. 521-524.
3. MacDonald C, Barbee K., Polyak B. Force Dependent Internalization of Magnetic Nanoparticles Results in Highly Loaded Endothelial Cells for Use as Potential Therapy Delivery Vectors // Pharmaceutical Research, 2012, №29, pp.1270-1281.
4. Sigler K. Acidification Power Test and Similar Methods for Assessment and Prediction of Fermentation Activity of Industrial Microorganisms // Kvasny prumysl, 2013, №59, pp.204-208.

УДК 536.126; 539.23

ПОЛУЧЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Комиссаров Н.Н.,

Милославский А.Г., д-р физ.-мат. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

flta7@ukr.net

Введение. Тонкие пленки – это слои вещества толщиной от долей нанометра до нескольких микрометров, обладающие рядом особенностей атомно-кристаллической структуры, магнитных, электрических и других физических свойств. В тех случаях, когда говорят о поверхности твердого тела, то обычно имеют в виду несколько самых верхних атомных слоев кристалла, т.е. область толщиной в несколько нанометров. Тонкие пленки, играют очень важную роль в современной технике. Их значение в научно-техническом прогрессе чрезвычайно велико. Они используются в самых разнообразных областях науки и техники, например, в качестве защитных покрытий, для преобразования солнечной энергии в электрическую, в сверхпроводниковых приборах, в интегральной и функциональной микро- и наноэлектронике, компьютерной технике, в медицине, фармакологии, сельском хозяйстве и т.п. [1].

Постановка задачи. Многолетние исследования коллектива кафедры теоретической физики и нанотехнологий позволяют не только получать пленки разных материалов с варьированием их свойств, но и совершенствовать соответствующую аппаратуру. В этой связи в задачу

данного исследования входило изучение и опробование возможности метода магнетронного напыления тонких пленок на базе установки ВУП-5М.

Методики экспериментов. Методы получения тонких пленок весьма разнообразны: электролитическое осаждение металлов и сплавов, вакуумное испарение с последующей конденсацией на подложку, катодное распыление мишени, выращивание из раствора-расплава, метод газотранспортных реакций, ионная имплантация и др. В тонкопленочной вакуумной технологии наибольшее распространение получили методики, которые можно подразделить на две группы: испарение и ионное распыление.

Метод магнетронного распыления для нанесения пленок является дальнейшим развитием ионно-плазменного напыления. Он основан на распылении материала за счет бомбардировки поверхности мишени ионами рабочего газа (обычно аргона), образующимися в плазме аномального тлеющего разряда. Для повышения эффективности ионизации рабочего газа и создания над поверхностью катода-мишени области плотной плазмы разряд возникает в неоднородных скрещенных электрическом и магнитном полях. Среди рассмотренных методов этот метод имеет более широкие возможности применения и является наиболее перспективным [2].

Основным элементом магнетронных распылительных систем являются катод-мишень, анод и магнитная система. Существует большое число разнообразных распылительных систем, которые могут быть подразделены на 3 основных типа: системы с цилиндрическим катодом, системы с плоским катодом и кольцевым катодом S-типа.

Важным достоинством метода магнетронного распыления является отсутствие бомбардировки подложки высокоэнергетичными вторичными электронами из-за их захвата магнитной ловушкой. Это позволяет избежать перегрева поверхности подложки и, следовательно, дает возможность напылять пленки на материалы с низкой термостойкостью, причем с высокой скоростью осаждения. Этот факт имеет большое значение для современных технологий ввиду широкого использования полимеров и композитных материалов. В частности, в микроэлектронике и компьютерной технике широко используются такие материалы как полиметилметакрилат (ПММА), полиимид, полиэтилентерефталат, металлополимерные пленки и т.п., имеющие температуры размягчения и деструкции в диапазоне от 70 до 250С.

Вакуумный универсальный пост ВУП-5М предназначен для получения пленок из различных материалов методом магнетронного распыления. Прибор выполнен одной стойкой, в которой размещены рабочая камера, вакуумная система, блоки питания, пульты управления. В рабочей камере установлены три магнетронных распылителя с плоской мишенью, с той лишь разницей, что зона распыления замыкается в окружность.

Перед напылением на магнетрон устанавливают катод-мишень, закрепляют подложку на держателе, проверяют работу заслонки и откачивают вакуумную камеру до $\sim 10^{-4}$ Па. С помощью крана напускают

рабочий газ аргон, обычное рабочее давление которого равно $(0,5/5)*10^{-5}$ Па. На катод подают отрицательное напряжение относительно анода.

Управление магнетронной системой ВУП-5М производится с пульта управления. С помощью пульта обеспечивается выход в рабочий режим вакуумной системы из холодного состояния и коммутация вакуумной системы во время работы.

Для измерения толщины тонких пленок в работе использовался микроинтерферометр Линника МИИ-4, который предназначен для визуальной оценки, измерения и фотографирования высоты неровностей тонкообработанных поверхностей. Принцип действия прибора основан на явлении интерференции света. Для получения двух систем волн, способных интерферировать, пользуются разделением светового пучка (исходящего из одной точки источника света) на наклонной плоскопараллельной пластинке с полупрозрачным делительным покрытием. В результате интерференции двух систем волн в фокальной плоскости окуляра наблюдаются интерференционные полосы.

Для изучения структуры пленок использовался рентгеновский дифрактометр ДРОН-4-07.

Полученные результаты. В работе получены тонкие пленки меди на стеклянной подложке. Режим напыления: базовое давление 5×10^{-5} мм. рт. ст., после напуска аргона давление 2×10^{-2} мм. рт. ст., напряжение горения магнетрона 320 В, разрядный ток 100 мА, время напыления 20 мин. Получена аморфная пленка толщиной 300 нм.

Выводы.

1. Опробована установка для магнетронного напыления тонких пленок, собранная на базе ВУП – 5М.

2. Хорошее качество (необходимая толщина, отсутствие нарушений микроструктуры) медных пленок, позволяет рекомендовать установку для получения пленок других материалов.

Список литературы

1. Чистяков Ю.Д. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий // Ю.Д.Чистяков, Ю.П.Райнова. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2010- 2014. – 392 с.
2. Смирнов В.И. Физико-химические основы технологии электронных средств: Учебное пособие // В.И.Смирнов. – Ульяновск, 2005.
3. Кудинов В.В. Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование // В.В.Кудинов, Г.В.Бобров. – М.: «Металлургия», 1992. – 431 с.
4. Панфилов Ю. Нанесение тонких пленок в вакууме // Ю.Панфилов / Технологии в электронной промышленности. – №3'2007. – С 76-80.
5. Сущенцов Н.И. Основы технологии микроэлектроники: Лабораторный практикум // Н.И. Сущенцов. – Йошкар-Ола, 2005.

РЕАКЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОКОМПОЗИТОВ ДИБОРИД МАГНИЯ – МАНГАНИТ НА ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ СЖАТИЕ

Кононенко В.В.,

Варюхин В.Н., д-р физ.-мат. наук, член-корр. НАН Украины, проф.
ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк
vkkononenko@gmail.com

Структуры сверхпроводник–ферромагнетик (S/F) относятся к базовым элементам сверхпроводящей спинтроники. Это связано с тем, что S/F системы проявляют “новые” свойства, отсутствующие в исходных компонентах по отдельности. Особый интерес представляют контакты сверхпроводника с ферромагнитными металлами, где электроны проводимости полностью поляризованы по спину (половинные металлы). Одни из первых исследований взаимного влияния компонент в системах сверхпроводник – ферромагнитный половинный металл (эффект близости) представлены в работах [1, 2]. Несмотря на значительное число публикаций, посвященных исследованию данного эффекта, лишь в некоторых работах [3] определялся критический ток в S/F системе.

В данной работе ставилась задача показать, что сверхпроводящий ток действительно может протекать через толстые (~0.1-0.2 мкм) слои манганита в ферромагнитной фазе. Эксперимент выполнялся на композите s–волновой сверхпроводник MgB₂–ферромагнетик La_{0,7}Ca_{0,3}MnO₃ (LCMO со 100%-й поляризацией спинов). Уникальность этих композитов заключается в существенной разнице размеров порошков, входящих в него S/F компонент. Поверхности гранул MgB₂ размером 5-10 мкм покрывались порошинками LCMO размером 10-30 нм. Это дало возможность избежать прямой контакт между зернами MgB₂. Такой результат достигался выбором объемной концентрации нанопорошка LCMO, при котором в нормальном состоянии наблюдался переход проводимости композита через порог протекания. Для полного подтверждения того, что протекание тока действительно реализуется по цепочкам MgB₂-LCMO-MgB₂ вольт–амперные характеристики образца снимались при нулевом и давлении P=12 кбар. На рис. 1 приведены температурные зависимости сверхпроводящего перехода для образца MgB₂-LCMO (27 об.% LCMO) при нулевом давлении и P = 12 кбар. Под действием давления начало перехода композита сдвигалось в сторону низких температур, а область размытия, начиная с середины R(T)-перехода, смещалась в область высоких температур. На вставке рис. 1 представлено влияние давления на зависимость сверхпроводящего R(T)-перехода для образца MgB₂. Установлено, что под действием давления начало перехода композита сдвигалось в сторону низких температур, а

область размытия, начиная с середины $R(T)$ перехода, смещалась в область высоких температур. Из сравнения графиков следует, что под действием давления критическая температура перехода падает для диборида магния со скоростью $dT_c(P)/dP \approx -0,1$ К/кбар, а для композита MgB_2 -LCMO растет со скоростью $dT_c/dP(MgB_2-LCMO) \approx 0,08$ К/кбар. Уменьшение размытия кривой $R(T)$ перехода для композита MgB_2 -LCMO коррелирует с возрастанием

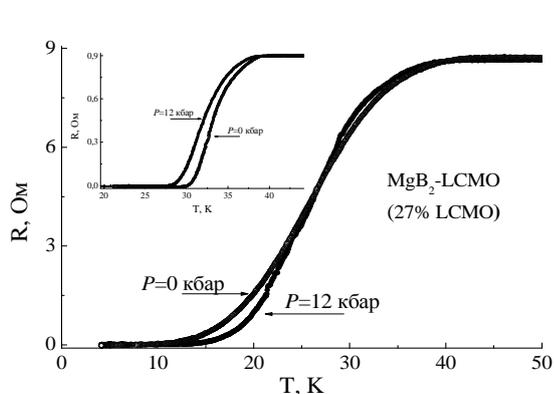


Рис. 1. Влияние гидростатических давлений на температурную зависимость сверхпроводящего перехода MgB_2 -LCMO (27 об.% LCMO). На вставке: влияние давления на температурную зависимость сопротивления образца MgB_2

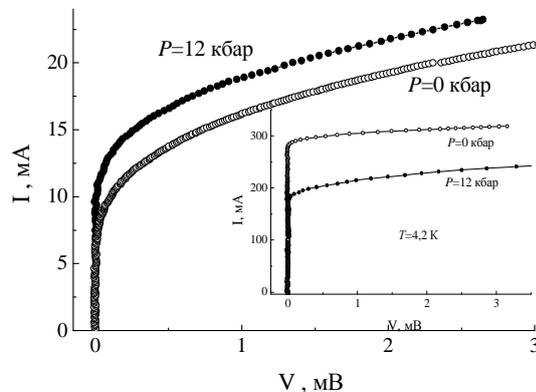


Рис. 2. Влияние высоких гидростатических давлений на вольт-амперную характеристику композита MgB_2 -LCMO (27 об.% LCMO). На вставке: влияние давления на вольт-амперную характеристику MgB_2 . Зависимости измерены при $T = 4,2$ К

критического тока ($dT_c/dP(MgB_2-LCMO) \approx 0,16$ К/кбар), что также характерно для реакции слабосвязанных сверхпроводящих контактов на гидростатическое сжатие. Влияние давления на вольт-амперные характеристики образцов MgB_2 и MgB_2 -LCMO показано на рис.2.. Критическая температура MgB_2 убывает с увеличением давления (рис. 1), соответственно, для образцов MgB_2 под давлением наблюдается уменьшение критического тока (вставка на рис. 2). Напротив, для образцов композита MgB_2 -LCMO давление приводило к увеличению критического тока (рис. 2). Таким образом, эксперименты по исследованию транспортных характеристик композитов под давлением позволили исключить возможность протекания тока в композитах по «слабым» сверхпроводящим каналам и дали основание утверждать, что через прослойки половинного металла LCMO толщиной ~ 0.1 - 0.2 мкм может протекать сверхпроводящий ток. Это, в свою очередь, указало на возможность формирования структуры слабосвязанных контактов S-N-S типа.

Список литературы

1. Bogolyubov N.N. and Mitropol'skii Yu. A., *Asymptotic Methods in the Theory of Nonlinear Oscillations*, Moscow: Nauka, 1974.
2. G.Wendin and V. S. Shumeiko, Quantum bits with Josephson junctions, *Low Temp. Phys.*, 2007, 33, 724-744.
3. Huang M.Q., Ivanov Z. G., et al., Fabrication and properties of high- T_c ramp junctions with manganite barriers., *Physica C*, 1999, 326, 79-82.

КУБИТЫ, ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

*Лихтенштейн И.Я.¹,
Петренко А.Г.¹, д-р физ.-мат. наук, проф.
Шемченко Е.И.², м.н.с.,*

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

²ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк
t0504712123@yandex.ru, shemal@mail.ru

Ни одна современная индустрия не развивается также стремительно, как компьютерные технологии. С каждым годом компьютеры становятся все более производительными, что связано с уменьшением физических размеров их компонентов. Но теоретически невозможно создать транзистор или подобный ему элемент с размером менее 10^{-8} см и рабочей частотой более 10^{15} Гц. Таким образом, предел размеров транзистора определен, и практически существуют только лабораторные образцы таких приборов. Соответственно определяется и предел производительности, что не позволяет решать современные вычислительные задачи. Таким образом, возникает серьезная задача по созданию новых вычислительных машин и/или новых теоретических принципов построения вычислений.

Первые идеи о квантовых вычислениях были высказаны еще в 80-х годах 20-го века. Тогда же были предложены и первые математические модели квантового компьютера. Такой компьютер использует для вычисления не обычные (классические) алгоритмы, а процессы квантовой природы, так называемые квантовые алгоритмы, использующие квантово-механические эффекты, – такие как квантовый параллелизм и квантовая запутанность.

Квантовый процессор, в отличие от классического, может находиться не только в двух базовых состояниях (0 и 1), но и в состоянии их суперпозиции. Это означает, что такой процессор способен одновременно производить огромное количество параллельных вычислений, причем результат будет получаться мгновенно.

Полноценный квантовый компьютер пока является гипотетическим устройством, однако на сегодняшний день построено довольно много упрощенных прототипов и с каждым годом предлагаются все более перспективные модели его реализации. Одной из таких моделей является построение квантового компьютера на основе углеродных пленок.

В качестве квантовых битов могут выступать субатомные примеси – дефекты углеродного кристалла, NV-центры, а точнее их спины, рис. 1:

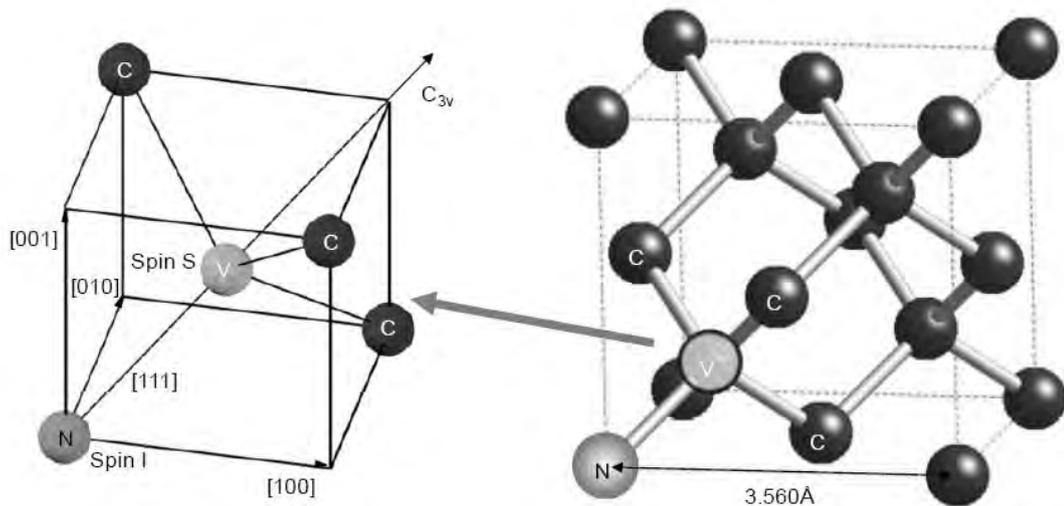


Рис. 1. Упрощенная структура NV-центра. Дефект включает в себя вакансию решётки со связанным с ней атомом азота.

Спин электрона $S = 1$ формируется шестью непарными электронами, находящимися в вакансии NV-центра. Электронный кубит определяется уровнями $|m_S = 0\rangle$ и $|m_S = -1\rangle$ ($|0\rangle$ и $|1\rangle$ соответственно). Квантовое состояние такого кубита управляется с помощью импульсов переменного магнитного поля.

В роли второго кубита выступает спин ядра атома азота. Такой кубит определяется спиновыми уровнями $|m_I = -\frac{1}{2}\rangle$ и $|m_I = +\frac{1}{2}\rangle$.

Данная двухкубитная система инициализируется в состояние $(m_S, m_I) = (0, 1)$ путем воздействия зеленого лазера – 532 нм, на протяжении 4-х мкс. Состояние системы считывается путем подсчета спин-зависимого числа фотонов, испускаемых при возбуждении.

Данное направление обладает следующими преимуществами: система способна работать при комнатных температурах, количество кубитов в такой системе не ограничено.

Список литературы

1. Дронин С.И. Квантовая магия // С.И.Дронин. – М.: Весь, 2007. – 81 с.
2. Валиев К.А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления // К.А.Валиев / Успехи физических наук. – 2005. – № 1. – С. 3-39.
3. T. van der Sar, ZDecoherence-protected quantum gates for a hybrid solid-state spin register // T. van der Sar, Z.H.Wang, M.S.Blok atc. / Nature Lett. – 2012. – №1. – С. 82-86.
4. Kenichi Ohno. Awschalom. Three-dimensional localization of spins in diamond using ^{12}C implantation // Kenichi Ohno, Joseph Heremans, Charles F. de las Casas atc. / Appl. Phys. Lett. 2014. №105, С. 052406-1 – 052406-5.

ВЛИЯНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА И ЭФФЕКТОВ СТРУКТУРНОГО УПОРЯДОЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ КЕРАМИКИ СИСТЕМЫ $ZrO_2 - Sc_2O_3$

*Несова Е.В.*¹,

*Барбаилов В.И.*², канд. физ.-мат. наук, с.н.с

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

² ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк
elizaveta.nesova@gmail.com

В твердых растворах объединение (или упорядочение) кластеров обычно сопровождается образованием структур с уникальными свойствами. Таким образом, в твердых растворах $Al_xGa_{1-x}As$ и $Ga_xIn_{1-x}P$ структурное упорядочение при концентрациях в металлической подрешетке $x \approx 0.50$ приводит не только к изменению кристаллической симметрии, но и изменению оптических свойств, по отношению к неупорядоченному твердому раствору аналогичного состава [1].

Ранее [2], авторами настоящей работы для керамики состава $ZrO_2 + 9.5$ мол. % $Sc_2O_3 + 0.5$ мол. % La_2O_3 было экспериментально подтверждено существование эффектов структурного упорядочения. Следствием их являлись обнаруживаемые аномальные скачкообразные изменения электропроводности в области низких температур 600-630 К, которые рентген-анализом идентифицируются с полиморфным фазовым переходом из β – ромбоэдрической фазы в кубическую.

Учитывая результаты этой работы, а также исследования изменения фазового состава керамики системы $ZrO_2 - Sc_2O_3$ с температурой, выполненные Лукич С.[3], была сформулирована цель настоящей работы: рассмотреть влияние фазового состава на электропроводность образцов керамики на основе ZrO_2 , стабилизированного 9.5 и 20 мол.% Sc_2O_3 , при их нагреве.

Для получения керамических образцов использовались порошки, приготовленные методом обратного совместного осаждения. Компактирование порошков проводилось холодным изостатическим прессованием (ХИП) при давлении 1 ГПа. Подготовленные порошковые компакты затем спекались при температуре 1550°С в электрической печи в течение 2 ч. Полученные образцы спеченной керамики всех изученных составов имели плотность, примерно 85% от теоретической.

Показано, что в случае однородного фазового состава керамики (образец, стабилизированный 20 мол. % Sc_2O_3) и отсутствия в процессе ее нагрева полиморфных переходов в исследуемом интервале температур, гистерезисных и аномальных изменений электропроводности на кривых $\lg(\sigma T) - 1/T$ не наблюдается (рис.1).

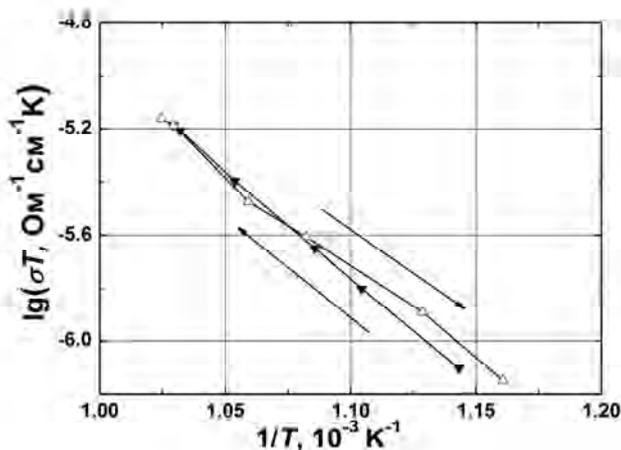


Рис. 1. Аррениусовские зависимости ионной проводимости керамики состава $ZrO_2 + 20$ мол.% Sc_2O_3 : черные значки – нагрев, белые значки – охлаждение.

В случае двухфазной керамики (образец, с концентрацией Sc_2O_3 9.5 мол.%), с увеличением концентрации стабилизирующей примеси (Sc_2O_3) и уменьшением ее размера зерна происходит увеличение количества β -ромбоэдрической фазы при комнатной температуре, что сопровождается ростом величины скачка электропроводности в области низких температур 600-630 К на кривых $lg(\sigma T) - 1/T$ (рис.2).

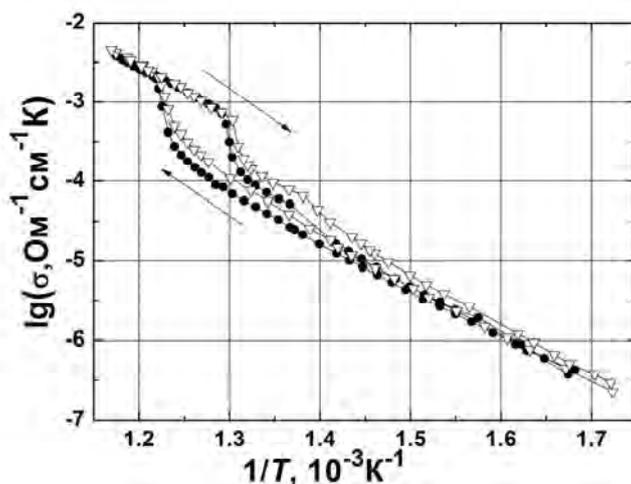


Рис. 2. Аррениусовские зависимости ионной проводимости керамики состава $ZrO_2 + 9.5$ мол.% Sc_2O_3 : черные значки – нагрев, белые значки – охлаждение.

Данный эффект связан с упорядочением кристаллической структуры зерен керамики с ромбоэдрической фазой под действием механической нагрузки.

Список литературы

1. Середин П.В., Домашевская Э.П., Арсентьев И.Н., Винокуров Д.А., Станкевич А.Л., Prutskij T. Сверхструктурное упорядочение в твердых растворах $Al_xGa_{1-x}As$ / П.В.

- Середин, Э.П. Домашевская, И.Н. Арсентьев, Д.А. Винокуров, А.Л. Станкевич, Т. Prutskij // Физика и техника полупроводников. – 2013. – т. 47, вып. 1. – с. 3-8.
2. Barbashov V., Pismenova N., Nesova E., Radionova O. Evidence of induced structural and conduction anisotropy in scandia-stabilized zirconia ceramics / V. Barbashov, N. Pismenova, E. Nesova, O. Radionova // Physica status solidi (a). – 2012. – Vol. 209. – No. 4. – P.727 - 729.
 3. Lukich S. Vibrational and mechanical properties of 10 mol.% Sc₂O₃ – 1 mol.% CeO₂- ZrO₂ electrolyte ceramics for solid oxide fuel cells / S. Lukich. – Orlando, 2007. – 107 p.

УДК 621.315.592548.4

ЭФФЕКТЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ В НЕСОВЕРШЕННЫХ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СВЕРХРЕШЕТКАХ И НАНОСТРУКТУРАХ

Паладян Ю.А.,

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

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк
paladyan0108@yandex.ru

Интерес к исследованию и изучению распространения электромагнитных и акустических возбуждений в тонких пленках и слоистых кристаллических средах обусловлен, потребностью практического применения твердотельной электроники в различных слоистых структурах с заданными свойствами, а также уникальными технологиями, позволяющими создавать тонкие пленки и периодические структуры с контролируемыми характеристиками.

При дальнейшем исследовании, теория слоистых структур, требует рассмотрения более сложных систем – сверхрешеток с инородными (примесными) слоями, слоями с переменным составом и/или толщиной. Довольно значительный интерес представляют собой исследования неидеальных сверхрешеток с произвольным числом примесных слоев. Также изучение зависимости поляритонного спектра от концентрации соответствующих дефектов, расширяет возможности моделирования свойств неидеальных сверхрешеток, новых слоистых материалов с заданными характеристиками.

В связи с тем, что оптические свойства периодической среды определяются материальными тензорами – диэлектрической $\mathfrak{E}(\vec{r})$ и магнитной $\mathfrak{H}(\vec{r})$ проницаемостями, то для идеальных систем имеют место равенства:

$$\mathfrak{E}(x, y, z) = \mathfrak{E}(x, y, z + d), \quad \mathfrak{H}(x, y, z) = \mathfrak{H}(x, y, z + d), \quad (1)$$

где $d = \sum_{j=1}^{\sigma} a_j$ – период сверхрешетки, σ – число слоев в элементарной ячейке,

a_j – толщины соответствующих слоев одномерной цепочки элементов, лежащих на оси z .

Распространение электромагнитных волн в неоднородных структурах описывается уравнениями Максвелла, которые в (\vec{k}, ω) – представлении принимают вид:

$$\begin{cases} \vec{k} \times \vec{H}(\vec{k}, \omega) = -\frac{\omega}{c} \int d\vec{q} \langle \boldsymbol{\epsilon}(\vec{q}, \vec{k} - \vec{q}) \rangle \cdot \vec{E}(\vec{q}, \omega); \\ \vec{k} \times \vec{E}(\vec{k}, \omega) = \frac{\omega}{c} \int d\vec{q} \langle \boldsymbol{\mu}(\vec{q}, \vec{k} - \vec{q}) \rangle \cdot \vec{H}(\vec{q}, \omega). \end{cases} \quad (2)$$

$\vec{E}(\vec{k}, \omega)$, $\vec{H}(\vec{k}, \omega)$ – Фурье-амплитуды напряженностей электрического и магнитного полей.

Расчет поляритонного спектра неидеальной сверхрешетки осуществляется в рамках приближения виртуального кристалла и замены: $\boldsymbol{\epsilon} \rightarrow \langle \boldsymbol{\epsilon} \rangle$, $\boldsymbol{\mu} \rightarrow \langle \boldsymbol{\mu} \rangle$ (угловые скобки обозначают процедуру конфигурационного усреднения).

В связи с тем, что конфигурационное усреднение «восстанавливает» трансляционную симметрию в кристаллической системе, то неидеальная сверхрешетка «приобретенная» трансляционная инвариантность одномерной цепочки позволяет представить систему уравнений (2) в виде следующего интегрального матричного уравнения:

$$\int d\vec{q} \begin{pmatrix} \frac{\omega}{c} \langle \boldsymbol{\epsilon}(\vec{K} - \vec{q}) \rangle & \delta(\vec{K} - \vec{q}) \langle \boldsymbol{\mu} \rangle \\ \delta(\vec{K} - \vec{q}) \langle \boldsymbol{\mu} \rangle & -\frac{\omega}{c} \langle \boldsymbol{\epsilon}(\vec{K} - \vec{q}) \rangle \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \vec{E}(\vec{q}, \omega) \\ \vec{H}(\vec{q}, \omega) \end{pmatrix} = 0 \quad (3)$$

Согласно теореме Флоке, в периодической среде общее решение системы уравнений (2) $\begin{pmatrix} \vec{E}(\vec{r}, \omega) \\ \vec{H}(\vec{r}, \omega) \end{pmatrix} = \int d\vec{k} \begin{pmatrix} \vec{E}(\vec{k}, \omega) \\ \vec{H}(\vec{k}, \omega) \end{pmatrix} \exp(i\vec{k} \cdot \vec{r})$ представляет собой суперпозицию нормальных мод $\vec{E}_{\vec{K}}(\vec{r}, \omega) = \exp(i\vec{K} \cdot \vec{r}) \varphi(x, y, z, \omega)$, причем $\varphi(x, y, z, \omega) = \varphi(x, y, z + d, \omega)$, $\vec{K} = (0, 0, K)$, $K = 2\pi m / Nd$, $m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots, \pm N$ (среди всевозможных значений m имеется лишь N значений, дающих N независимых мод).

В предположении гармонической зависимости напряженностей (\vec{E}, \vec{H}) электромагнитного поля от времени уравнения Максвелла приобретают вид:

$$\nabla \times \vec{E}(\vec{r}, \omega) = \frac{i\omega}{c} \langle \boldsymbol{\mu}(z) \rangle \cdot \vec{H}(\vec{r}, \omega), \quad \nabla \times \vec{H}(\vec{r}, \omega) = -\frac{i\omega}{c} \langle \boldsymbol{\epsilon}(z) \rangle \cdot \vec{E}(\vec{r}, \omega). \quad (4)$$

Поскольку конфигурационное усреднение «восстанавливает» трансляционную симметрию в кристаллической системе, то применительно к исследуемому случаю неидеальной сверхрешетки с переменным составом слоев приобретенная трансляционная инвариантность одномерной цепочки позволяет представить материальные тензоры $\langle \boldsymbol{\epsilon} \rangle$, $\langle \boldsymbol{\mu} \rangle$ в виде разложения в ряд Фурье

$$\begin{pmatrix} \langle \mathcal{E}(z) \rangle \\ \langle \mathcal{H}(z) \rangle \end{pmatrix} = \sum_l \begin{pmatrix} \mathcal{E}_l \\ \mathcal{H}_l \end{pmatrix} \exp\left(-il \frac{2\pi}{d} z\right). \quad (5)$$

Согласно теореме Флоке поля $\vec{E}(\vec{r}, \omega)$, $\vec{H}(\vec{r}, \omega)$ для периодической среды представимы в форме:

$$\begin{bmatrix} \vec{E}(\vec{r}, \omega) \\ \vec{H}(\vec{r}, \omega) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \vec{f}_K^{(E)}(z) \\ \vec{f}_K^{(H)}(z) \end{bmatrix} \exp(-i\vec{\chi} \cdot \vec{\rho} - iKz). \quad (6)$$

Здесь $\vec{\rho} = (x, y)$, $\vec{\chi}$ – произвольный планарный (в плоскости XOY) волновой вектор, $\vec{K} = (0, 0, K)$ – блоховский вектор. Причем

$$\begin{bmatrix} \vec{f}_K^{(E)}(z) \\ \vec{f}_K^{(H)}(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \vec{f}_K^{(E)}(z+d) \\ \vec{f}_K^{(H)}(z+d) \end{bmatrix} = \sum_p \begin{pmatrix} \vec{f}_{K,p}^{(E)} \\ \vec{f}_{K,p}^{(H)} \end{pmatrix} \exp\left(-ip \frac{2\pi}{d} z\right). \quad (7)$$

Подстановка соотношения (6) в систему уравнений (4) приводит к следующему соотношению для Фурье-амплитуд $\vec{f}_{K,p}^{(E,H)}$ электромагнитного поля:

$$\left[\vec{\chi} + \left(K + p \frac{2\pi}{d} \right) \vec{e}_z \right] \times \begin{pmatrix} \vec{f}_{K,p}^{(H)} \\ \vec{f}_{K,p}^{(E)} \end{pmatrix} = \frac{\omega}{c} \begin{bmatrix} -\sum_l \mathcal{E}_l \cdot \vec{f}_{K,p-l}^{(E)} \\ \sum_l \mathcal{H}_l \cdot \vec{f}_{K,p-l}^{(H)} \end{bmatrix}, \quad (8)$$

где \vec{e}_z – орт оси z . Система уравнений (8) определяет нормальные моды электромагнитных волн, распространяющихся в такой «периодической» среде [1, 2].

Таким образом, приближения виртуального кристалла, выбранное для описания трансформации поляритонного спектра достаточно простой модели сверхрешетки – первый шаг к изучению неидеальных систем. Исследование характерных особенностей поляритонного спектра и более сложных объектов требует привлечения и более сложных методов описания (в зависимости от поставленной задачи): метода когерентного потенциала, метода усредненной T-матрицы, и их модификаций.

Список литературы

1. Румянцев В.В. Зависимость поляритонного спектра неидеальных 1D фотонных жидких кристаллов от концентрации дефектов // В.В.Румянцев, С.А.Федоров, А.С.Воронкин / Ученые записки Таврического нац. университета им. В.И. Вернадского, 2011: сер. физ.-мат. науки. – Т.24. – С. 67-79.
2. Румянцев В.В. Фотонные и электронные возбуждения в неидеальных сверхрешетках // В.В. Румянцев, А.П. Алоджанц, С.А. Федоров. – 2010. – Т.47, вып 1. – С. 29-33.

ЭФФЕКТЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ В НЕОДНОРОДНОЙ КВАЗИДВУМЕРНОЙ 1D- СТРУКТУРЕ

Паладян Ю.А.

Безус А.В., канд. физ.-мат.наук, доц.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

paladyan0108@yandex.ru

В настоящее время достаточно интенсивно исследуется распространение электромагнитных возбуждений в тонких пленках и слоистых кристаллических средах. Достаточно большое число работ посвящено как теоретическому, так и экспериментальному исследованию экситонных возбуждений в диэлектрических идеальных сверхрешетках. Рассмотрена также общая теория оптических волн в анизотропных кристаллах, в том числе составленных из макроскопических слоев.

Таким образом, развитие теории слоистых структур требует рассмотрения более сложных систем – неидеальных сверхрешеток с произвольным числом дефектов, случайным образом распределенных в фотонном кристалле. При хаотическом распределении примесных слоев их концентрация не является функцией координат, и поляритонные характеристики приобретают зависимость от концентрации. Использование слоистых композитных материалов со слоями переменного состава или толщины существенно расширяют возможности моделирования и создания новых слоистых материалов [1].

Распространение электромагнитного возбуждения в квазидвумерной сверхрешетке с переменной толщиной полос и вычисление соответствующих оптических характеристик осуществляется в рамках приближения виртуального кристалла. «Неидеальность» может быть результатом вариации полос как по составу, так и по толщине. Конфигурационное разупорядочение полос определим с помощью случайной величины $\eta_{s\alpha}^v$: $\eta_{s\alpha}^v = 1$, если $v(\alpha)$ -й сорт полос находится в узле $s\alpha$, и $\eta_{s\alpha}^v = 0$ - в обратном случае. При вариации полос по составу конфигурационно зависимой величиной является поляризуемость пленки:

$$\chi_{s\alpha} = \sum_{v(\alpha)} \chi_{\alpha}^{v(\alpha)} \eta_{s\alpha}^{v(\alpha)} \quad (1)$$

где $\chi_{s\alpha}$ - компонент вектора поляризуемости.

Если же варьируется толщина полос пленки, то конфигурационно зависимой является величина $a_{s\alpha}$:

$$a_{s\alpha} = \sum_{v(\alpha)} a_{\alpha}^{v(\alpha)} \eta_{s\alpha}^{v(\alpha)} \quad (2)$$

Приобретенная после конфигурационного усреднения трансляционная инвариантность 1D-сверхрешетки позволяет представить величину обратной поляризуемости пленки в виде ряда Фурье:

$$\chi^{-1}(x) = \sum_l (\chi^{-1})_l \exp\left(-il \frac{2\pi}{L\{C_{\alpha}^{v(\alpha)}\}} x\right). \quad (3)$$

Явный вид величины $(\chi^{-1})_l$ в выражении (3):

$$(\chi^{-1})_l = -\frac{i}{2\pi l} \sum_{\alpha} (\chi^{-1})_{s\alpha} \times \\ \times \left\{ \exp\left(i \frac{2\pi}{L\{C_{\alpha}^{v(\alpha)}\}} l \sum_{j=1}^{\alpha} a_j \{C_{\alpha}^{v(\alpha)}\}\right) - \exp\left[i \frac{2\pi}{L\{C_{\alpha}^{v(\alpha)}\}} l \left(\sum_{j=1}^{\alpha} a_j \{C_{\alpha}^{v(\alpha)}\} - a_{\alpha} \{C_{\alpha}^{v(\alpha)}\}\right)\right] \right\}. \quad (4)$$

Для конкретизации результатов рассмотрено распространение электромагнитного излучения в несовершенной квазидвумерной 1D-сверхрешетке с двумя элементами (полосками) в ячейке: первый – кремний ($\varepsilon_1 = 11,7$), а второй – SiO_2 ($\varepsilon_2 = 3,7$). Концентрация и толщина слоя основного вещества (матрицы) в первой и второй подрешетках обозначена соответственно $C_1^{(1)}, a_1^{(1)}$ и $C_2^{(1)}, a_2^{(1)}$, а примеси (полосы, имеющие другую толщину) – $C_1^{(2)}, a_1^{(2)}$ и $C_2^{(2)}, a_2^{(2)}$. Получено выражение для ширины $\Delta\omega$ нижней запрещенной фотонной зоны исследуемой системы:

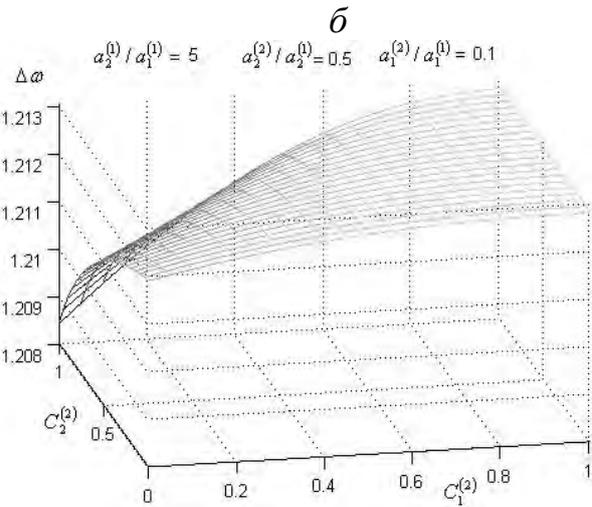
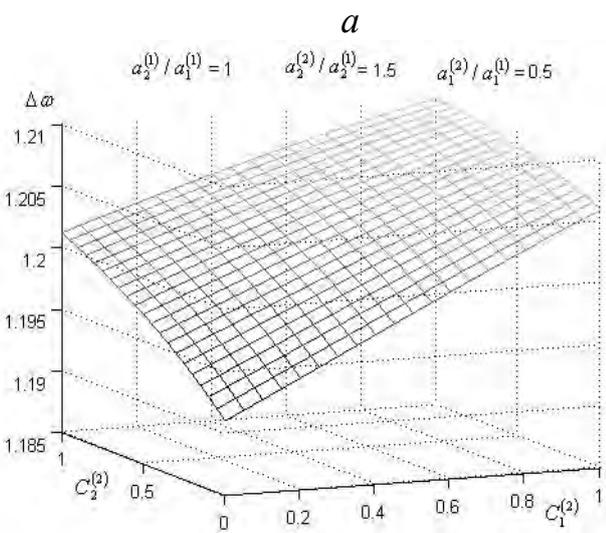
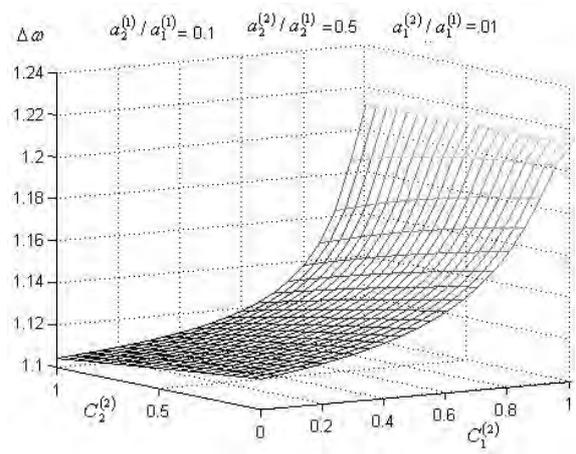
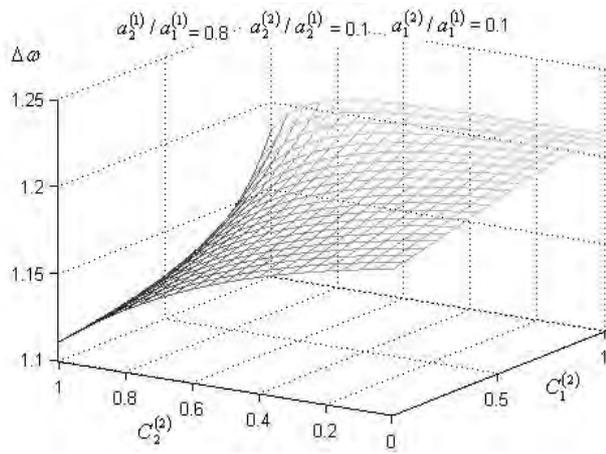
$$\Delta\omega = |\omega_+(K_{\min}) - \omega_-(K_{\max})| \cong c \frac{(\chi^{-1})_1 + (\chi^{-1})_0}{2\pi}, \quad (5)$$

($|K| \leq \pi/L$), а также графики $\Delta\omega(C_1^{(2)}, C_2^{(2)})$.

На рис. 1 приводится концентрационная зависимость $\Delta\omega(C_1^{(2)}, C_2^{(2)})$ исследуемой неидеальной квазидвумерной композитной Si/SiO₂-сверхрешетки для различных значений относительной толщины полос.

Следовательно, форма соответствующих поверхностей, хотя и достаточно разнообразна в зависимости от величин отношений $a_2^{(1)}/a_1^{(1)}$, $a_1^{(2)}/a_1^{(1)}$ и $a_2^{(2)}/a_2^{(1)}$, имеет монотонный характер. Величина же энергетической щели квазидвумерного фотонного кристалла может весомо изменяться в зависимости от вводимых в него примесных полос [2].

Таким образом, метод, используемый для расчета спектра поляритонных возбуждений, весьма схож с теми, которые используют в аналогичных расчетах других квазичастичных состояний, а также с помощью определенных примесных полос в квазидвумерную 1D-сверхрешетку можно добиться необходимого изменения ее энергетической структуры, а также значительных изменений оптических свойств, вызванных перенормировкой поляритонного спектра.



в

г

Рис. 1. Концентрационная зависимость $\Delta\omega(C_1^{(2)}, C_2^{(2)})$ неидеальной квазидвумерной композитной Si/SiO₂ сверхрешетки для различных значений отношений $a_2^{(1)}/a_1^{(1)}$, $a_1^{(2)}/a_1^{(1)}$ и $a_2^{(2)}/a_2^{(1)}$, $\Delta\omega$ – в единицах c/d (c – скорость света, d – толщина пленки)

Список литературы

1. Румянцев В.В. Зависимость поляритонного спектра неидеальных 1D фотонных жидких кристаллов от концентрации дефектов // В.В.Румянцев, С.А.Федоров, А.С.Воронкин / Ученые записки Таврического нац. университета им. В.И. Вернадского, 2011: сер. физ.-мат. науки, Т.24. – С. 67-79.
2. Румянцев В.В. Фотонные и электронные возбуждения в неидеальных сверхрешетках // В.В. Румянцев, А.П. Алоджанц, С.А. Федоров. – 2010. – Т.47, вып 1. – С. 29-33.

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ СЖАТОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО НЕОНА

Е.А.Пилипенко¹, Е.П.Троицкая¹, Е.Е.Горбенко²

¹Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина, г. Донецк

²Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко, г. Луганск
pilipenko.katerina@mail.ru

Всестороннее исследование сжатых кристаллов инертных газов (КИГ) привлекает особое внимание, поскольку они применяются в качестве передаточных сред в ячейках алмазных наковален (diamond-anvil cell – DAC). Такое применение КИГ ограничивается давлением металлизации, которое растет в ряду Хе, Кр, Аг и Не. В настоящее время экспериментально известно давление металлизации для Хе $p_m = 132$ GPa [1]. Давление, создаваемое в DAC, составляет 300 GPa [2] и продолжает увеличиваться, поэтому изучение при высоких давлениях свойств легких КИГ, в частности Не представляет научный и практический интерес.

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.

В настоящей работе на основе полученного неэмпирического трехчастичного потенциала отталкивания рассчитывается EOS сжатого кристаллического Не при высоких давлениях (см. [3] и ссылки там).

В общем случае при конечной температуре T уравнение состояния можно представить в виде (см., например, [4])

$$p(T, V) = p_{stat}(V) + p_e^*(T, V) + p^*(T, V) + p_{zp}(V) + p_{na}(T, V). \quad (1)$$

Давление p_{stat} есть давление, создаваемое в покоящейся решетке,

$$p_{stat} = p_{sr} + p_{lr},$$

где p_{sr} и p_{lr} – соответствующие производные (с обратным знаком) по объему от короткодействия E_{sr} и дальнего действия Ван-дер-Ваальса. Давление газа электронов проводимости p_e^* , термическое давление фононов p^* , неадиабатическая часть давления p_{na} и вклад нулевых колебаний p_{zp} малы, поэтому при больших давлениях мы их учитывать не будем.

Таким образом, при больших сжатиях определяющий вклад вносит статическая решетка при $T = 0$. Для КИГ (кубического кристалла) энергия связи с учетом первых соседей в парном короткодействующем потенциале E_{sr} и трехчастичного короткодействующего отталкивания $W_3(a)$ примет вид

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

где $E_{sr} = E^{(0)} + W_2$; $F_n(0,0)$ представляют решеточные суммы от $1/r^n$ ($n=6,8,10$) и равны соответственно 1.80674; 0.80001 и 0.38472 [5]; C, C', C'' – константы Ван-дер-Ваальса; a – постоянная решетки.

Тогда EOS определяется выражением:

$$p = -\frac{\partial E}{\partial \Omega} = -\frac{e^2}{2a^4} [H(a) + \delta H - 2R_i + 0.30112B + 0.13335B' + 0.06412B''] \quad (3)$$

где $H(a)$ является первой производной короткодействующего парного потенциала отталкивания для равновесных расстояний первых соседей; параметры δH и R_i – трехчастичные поправки, приводящие к нецентральности парного взаимодействия; Ω – объем элементарной ячейки; e – заряд электрона;

$$B = \frac{6C}{a^5 e^2}; \quad B' = \frac{8C'}{a^7 e^2}; \quad B'' = \frac{10C''}{a^9 e^2}.$$

Были проведены расчеты EOS по формуле (3) с учетом точной ортогонализации атомных орбиталей в W_2 (модель M4) и во втором порядке по интегралу перекрытия S (модель M2).

На рис. приведены уравнения состояния кристаллического Ne, экспериментальные значения [6,7] и результаты расчетов других авторов [8,9,10]. Для сравнения мы привели результаты расчетов работы [11].

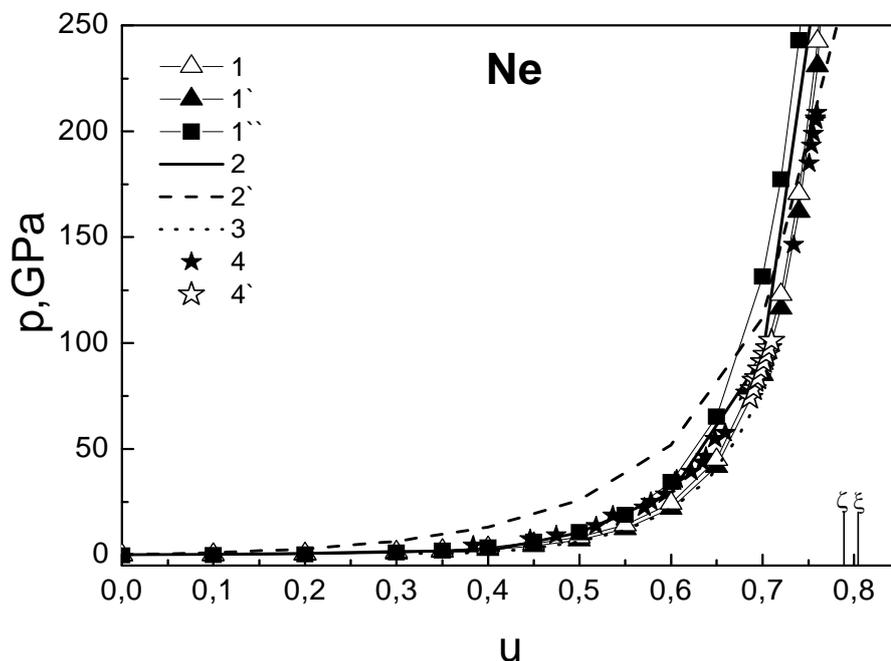


Рис. Уравнения состояния для кристаллического Ne. 1 – расчет EOS в модели M4 на основе парного потенциала [11]; 1' – наш расчет EOS с учетом трехчастичного взаимодействия в модели M4; 1'' – наш расчет EOS с учетом трехчастичного взаимодействия в модели M2; 2 и 2' – эмпирический расчет EOS Винета [8] и Поириера [9], соответственно; 3 – ab initio расчет EOS с помощью DFT-LDA [10]; эксперимент 4 [7], 4' [6].

Вертикальными линиями обозначены расчетные величины сжатия металлизации: ζ – расчет [12] (соответствующее давление $p_m = 540$ GPa), ξ – расчет [13] ($p_m \approx 1$ TPa)

Как видно из рис. для сжатия $0.45 \leq u \leq 0.65$ EOS, рассчитанное в модели M2 с короткодействующим потенциалом $V_{sr} = E^{(0)} + W_2(S^2) + W_3(S^3)$ лежат выше эксперимента, и с ростом давления погрешность увеличивается. Для того же интервала сжатий EOS, рассчитанное в модели M4 с потенциалом $V_{sr} = E^{(0)} + W_2(CE) + W_3(S^3)$ ($W_2(CE)$ учитывает точную ортогонализацию волновой функции с помощью кластерного разложения (CE) Абаренкова-Антоновой) идет несколько ниже эксперимента и вклад трехчастичного взаимодействия почти незаметен. При сжатии $u \geq 0.65$ лучше всего согласуется с экспериментом настоящие расчеты EOS в модели M4 с учетом вклада трехчастичного взаимодействия.

Первопринципные расчеты DFT-LDA [10] и эмпирические расчеты [8, 9] достаточно хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Анализ предложенных уравнений состояния Ne при больших сжатиях показал важность учета трехчастичного взаимодействия и слагаемых с высшими степенями по интегралу перекрытия в сжатом неоне.

Список литературы

1. K.A. Goettel, J.H. Eggert, I.F. Silvera, W.C. Moss, Phys. Rev. Lett. **62**, 665 (1989).
2. R.J. Hemley and H.K. Ashcroft, Phys. Today **51**, 26 (1998).
3. Е.А.Пилипенко, Е.П. Троицкая, Е.Е. Горбенко. ФТТ 60, 151 (2018)
4. V.G. Bar'akhtar, E.V. Zarochentsev, E.P. Troitskaya. Theory of adiabatic potential and atomic properties of simple metals. Gordon&Breach, London (1999). 317 p.
5. О.Н. Болонин, К.Б. Толпыго, ФТТ 15, 1674 (1973).
6. R.J. Hemley, C.S. Zha, A.P. Jephcoat, H.K. Mao, L.W. Finger, D.E. Cox, Phys. Rev. B 39 11820 (1989).
7. A. Dewaele, F. Datchi, P. Loubeyre, M. Mezouar, Phys. Rev. B 77, 094106 (2008).
8. P. Vinet, J.H. Rose, J. Ferrante, L.R. Smidth. J. Phys.: Condens. Matter 1, 1941 (1989).
9. J.P. Poirier, A. Tarantola. Physics of the Earth and Planetary Interiors 109, 1 (1998).
10. T. Tsuchiya and K. Kawamura, J. Chem. Phys. **117**, 12, 5859 (2002).
11. Е.В. Зароченцев, Е.П. Троицкая, ФТТ 43, 7, 1292 (2001).
12. Е.В. Зароченцев, Е.П. Троицкая, ФТТ **44**, 1309 (2002).
13. N.H. March. In: Advances in high pressure research. V. 3 /Ed.R.S. Bradley. Academic Press, N.Y. (1969). P. 241.

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МОРФОЛОГИИ И СТРУКТУРЫ ПЛЕНОК НИТРИДА УГЛЕРОДА, ЛЕГИРОВАННЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕТАЛЛАМИ, ОТ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ

*Пожалов В.А.¹,
Петренко А.Г.¹, д-р физ.-мат. наук, проф.
Шемченко Е.И.², м.н.с.*

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

²ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк
t0504712123@yandex.ru, shemal@mail.ru

Магнетрон постоянного тока позволяет строить материалы нужного 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].

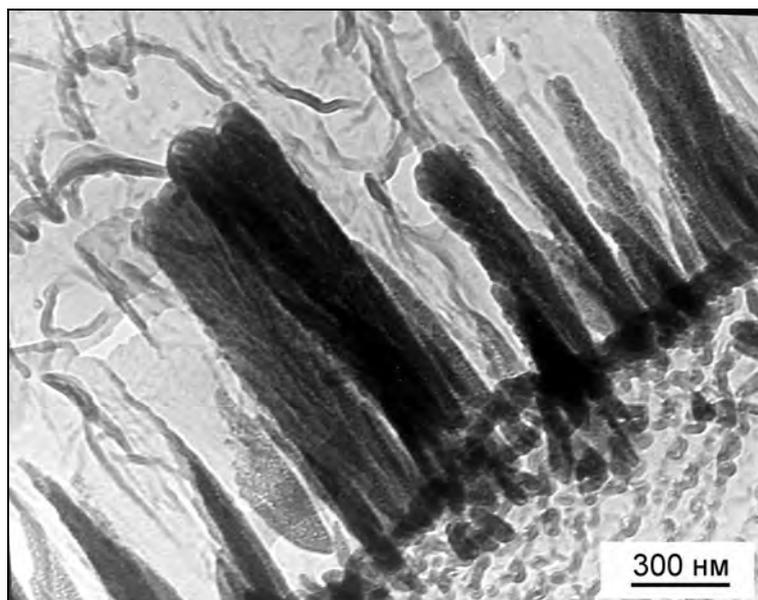
Пленки нитрида углерода CN_x , легированного Eu_2O_3 , получали методом магнетронного распыления планарной комбинированной мишени магнетроном постоянного тока в атмосфере чистого азота на вакуумной установке ВУП-5М. Мощность магнетронного разряда была около 20 Вт при индукционной стабилизации плазмы разряда и давлении азота в рабочем объеме до 120 мТорр.

Комбинированная мишень представляла собой пластину химически чистого графита, в которой в зоне максимального разряда были просверлены не сквозные отверстия диаметром 2 мм и заполнены подготовленным трёхвалентным оксидом европия. Мелкодисперсный порошок Eu_2O_3 сильно гигроскопичен, и абсорбированная вода в процессе распыления углеродной мишени активно реагирует с распыляемым углеродом полностью стравливая растущую плёнку. При этом возникает необходимость убрать абсорбированную воду. Учитывая, что оксид европия может иметь на одну собственную молекулу до 14 молекул абсорбированной воды, порошок компактировался в условиях всестороннего гидростатического сжатия, и отжигался в непрерывно откачиваемом вакууме не хуже 10^{-5} Торр при температуре от 300^0 до 400^0 С.

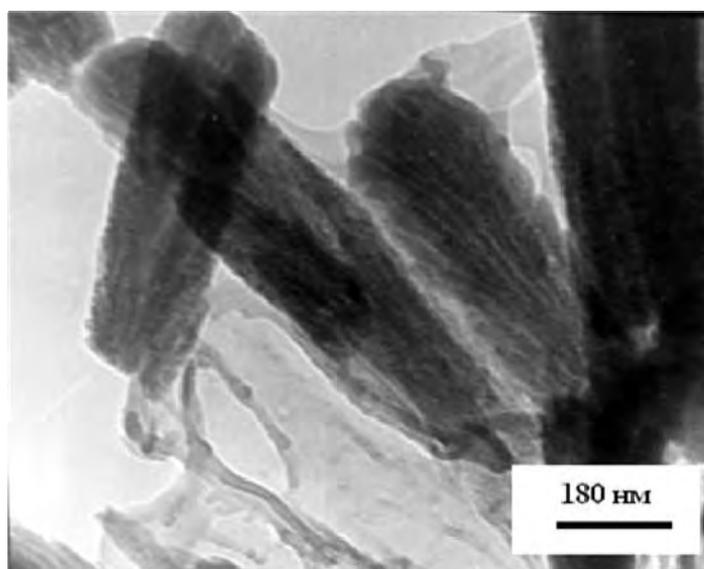
В качестве подложек применялись полированные пластины гадолиний-галлиевого граната и покровные стёкла для оптической микроскопии. Подложки предварительно проходили двухступенчатую очистку в химически чистых этиловом, изопропиловом спиртах и парах изопропилового спирта. Финальную очистку поверхности подложки непосредственно перед процессом выращивания плёнки осуществляли аргоновой плазмой тлеющего разряда.

Больше поверхность подложки никак специально не подготавливалась для роста наноструктур. Подложкодержатель разогревался штатным радиационным нагревателем установки ВУП-5М, температура подложек при этом варьировалась в пределах 200^0 - 250^0 С для различных образцов. Время роста пленок также варьировалось от 0,5, до 1,0 часа.

ПЭМ-изображения плёнок $CN_x:Eu_yO_z$ были получены методами просвечивающей электронной микроскопии с помощью микроскопа JEM200А фирмы «JEOL».



a



б

Рис.1. Характерные ПЭМ-изображения плёнок $CN_x:Eu_yO_z$, Рис.1а – торец плёнки $CN_x:Eu_yO_z$, в верхнем левом углу соответственно поверхность плёнки, а в нижнем правом углу поверхность подложки. Рис.1б – отдельные пучки наноколонн, удалённых из массива

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

На рис. 1б приведено ПЭМ-изображения отдельных пучков наноколонн, удалѐнных из массива плѐнки. Отдельный пучок наноколонн образует хорошо заметную ветвистую структуру, то есть количество наноколонн у поверхности плѐнки и у поверхности подложке в пучке может быть разным. Соответственно, длина отдельной наноколонны не обязательно составляет всю толщину плѐнки, а может быть меньше.

Необходимо отметить, что переходной слой в системе подложка-плѐнка не обнаруживается, что обусловлено либо его отсутствием, либо малой толщиной, выходящей за пределы разрешения электронного микроскопа.

Список литературы

1. Бучаченко А.Л. Нанохимия – прямой путь к высоким технологиям нового века // А.Л.Бучаченко / Успехи химии. – 2003. – №5. – С. 419-437.
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 542-558.
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. 1-12.
4. Свиридов В.В. Эллипсометрическое изображение как критерий выбора модели слоя $CN_x:Eu_yO_z$ на SiO_2 // В.В.Свиридов, Е.И.Шемченко, И.А.Вербенко и др. / Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля: Международная научно-практическая конференция "открытые физические чтения – 2017". – Луганск, 2017.
5. Шемченко Е.И. Люминесценция и модель роста наноколоннарных плѐнок $CN_x:Eu_yO_z$, полученных на магнетроне постоянного тока // Е.И.Шемченко, В.И.Кириченко, А.Н.Гангало / ФТВД. – 2017. – №2. – С. 26-37.

ДИСПЕРСИЯ ПОЛЯРИТОНОВ В 2D МАССИВЕ КВАНТОВЫХ ТОЧЕК

Рыбалка А.Е.,

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

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

rybalka96@inbox.ru

Проводимые в рамках неидеальной фотоники исследования весьма актуальны, поскольку они позволяют путем введения в изучаемую систему определенных дефектов или в результате управляемого внешнего воздействия добиваться необходимого изменения ее энергетической структуры и оптических свойств, обусловленных перестройкой поляритонного спектра.

В данной работе на основе представлений о фотонных структурах [1,2] рассмотрен поляритонный двумерный кристалл (см. рис. 1) как топологически упорядоченная система туннельно-связанных микрорезонаторов, содержащих атомарные кластеры – квантовые точки. Изучены особенности поляритонного спектра в такой двумерной решетке микропор, вызванные однородной упругой деформацией структуры.

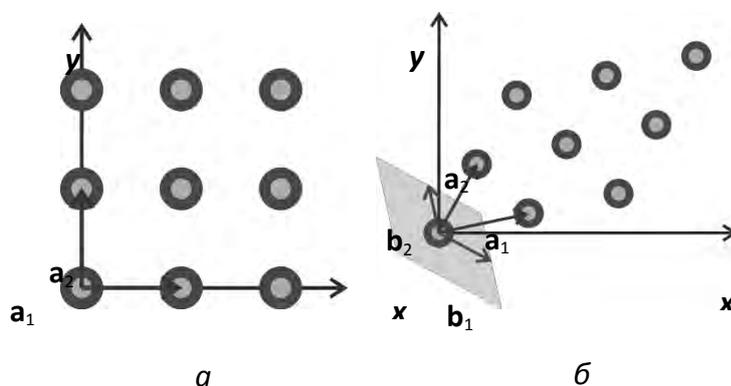


Рис. 1. Двумерные недеформированная (а) и деформированная (б) решетки микрорезонаторов со встроенными квантовыми точками. \mathbf{a}_1 , \mathbf{a}_2 и \mathbf{b}_1 , \mathbf{b}_2 – вектора, соответственно, прямой и обратной решеток; затемненный параллелограмм соответствует первой зоне Бриллюэна

Численный расчет соответствующих величин, определяющих особенности спектра поляритонных возбуждений, вызванные упругой деформацией двумерной структуры микропор при одноосной деформации, проведен для однородной изотропной среды – компоненты тензора деформации соответственно равны: $e_{xx} \equiv e_1$, $e_{yy} \equiv e_2$, $e_{xy} = e_{yx} \equiv e_3$. Полагаем, что в рамках используемой модели Гайтлера–Лондона [3] значения частоты резонансной фотонной моды (электромагнитного поля, локализованного в резонаторах решетки) и частоты перехода одноуровневой квантовой точки

атомарной подсистемы решетки не зависят от тензора деформации ϵ . Значения параметров, определяющих взаимодействие атомарной и фотонной подсистем, перекрытия оптических полей и взаимодействие квантовых точек в соседних микропорах те же, что и в работе [2].

На рис. 2,а представлены дисперсионные поверхности $\Omega_{\pm}(\mathbf{k})$ недеформированной двумерной решетки, а рис. 2,б отражает зависимость $\Omega_{\pm}(\epsilon, \mathbf{k})$ деформированной модельной системы для значений компонент тензора деформации $\epsilon_1 = 0.1$, $\epsilon_2 = 0.1$, $\epsilon_3 = 0.3$.

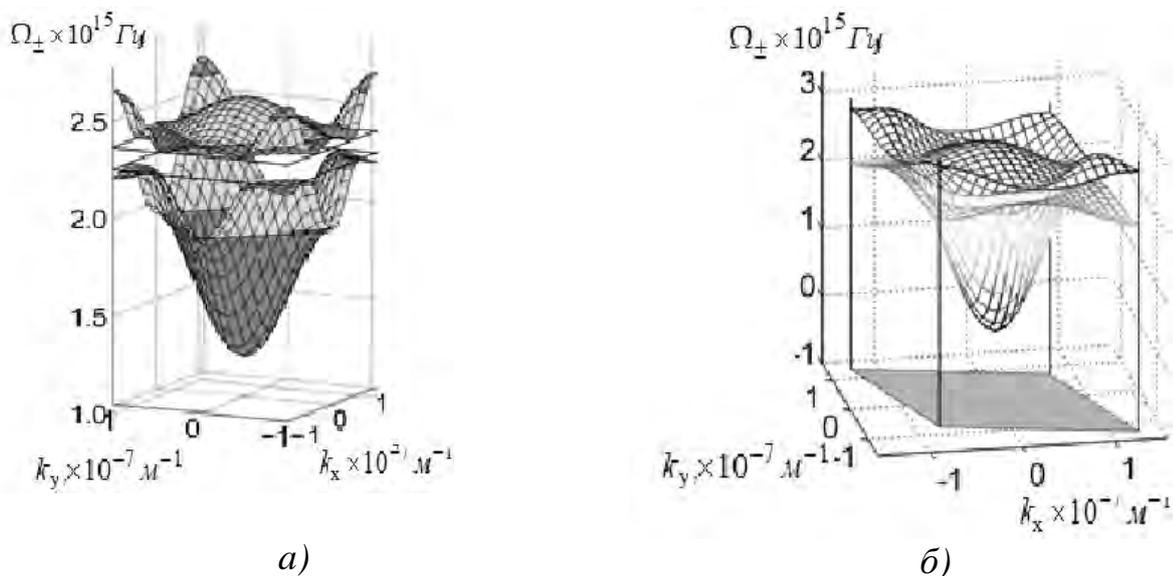


Рис. 2. Дисперсионные зависимости поляритонов $\Omega_{\pm}(\mathbf{k})$ в недеформированной (а) и деформированной (б) решетках микрорезонаторов. Затемненный участок в плоскости k_x – k_y на рис. 2,б соответствует первой зоне Бриллюэна

Из сравнения рис. 2,а и 2,б видно, что в результате произвольной деформации исследуемой двумерной структуры ход дисперсионных поверхностей, а также расположение критических точек (которые проявляются в плотности состояний и экспериментально наблюдаемых оптических характеристиках) изменяются.

Список литературы

1. Rumyantsev V.V., Fedorov S.A., Gumennyk K.V., Sychanova M.V., Kavokin A.V., Nature. Scientific Reports 4, 6945 (2014).
2. Rumyantsev V.V., Fedorov S.A., Gumennyk K.V., Sychanova M.V., Physica B 461, 32 (2015).
3. Агранович В.М. Теория экситонов // В.М.Агранович. М.: Наука, 1968.

ДВА НЕОБХОДИМЫХ УСЛОВИЯ УПРУГОГО ТУННЕЛИРОВАНИЯ В ТУННЕЛЬНЫХ КОНТАКТАХ

Хачатурова Т.А.

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

Процессы упругого туннелирования занимают очень важное место в физике магниторезистивных туннельных контактов. Причина этого изложена в работе [1]. В настоящей работе обсуждается физика упругих процессов, а именно, при каких условиях упругое туннелирование возможно. Очевидно, что при упругом туннелировании должна сохраняться полная энергия E электронов, принимающих участие в туннельном процессе. Однако, полная энергия является не единственной величиной, которая должна сохраняться при упругих процессах [2]. Кроме энергии, электрон характеризуется еще продольной и поперечной составляющей квазиимпульса: (k_z -импульс электрона направленный вдоль оси туннелирования, k_{\perp} – перпендикулярно). Последний, обязан сохраняться при упругом процессе [3], в то время как k_z может изменяться, потому, что вдоль оси z имеется перепад химического потенциала. При этом часть квазиимпульса электрон отдает решетке [4]. Предположим, что радиусы фермиевской поверхности в произвольном туннельном контакте металл–изолятор–металл разнятся. В том случае, если радиус Ферми стартового электрода k_{F1} меньше, конечного k_{F2} , то каких-либо затруднений для расчета туннельного тока не возникает. В случае, когда $k_{F1} < k_{F2}$, не все электроны стартового электрода могут принять участие в туннельном процессе. Туннелируют только те, для которых на противоположной стороне контакта есть свободные k_{\perp} , так как при упругом туннелировании k_{\perp} составляющая волнового вектора электрона сохраняется. Электронные состояния, принимающие участие в туннелировании, для указанного случая представлены на рисунке 1. Таким образом, при расчете туннельного тока, интегрирование ведется не по всем k_z , а от k_{\min} до k_{\max} . Формула для туннельного тока, полученная в работе [5]:

$$J(V) = \frac{4\pi me}{h^3} \int_{E_{F1}-eV}^{E_{F1}} P(E_Z, V)(E_{F1} - E_Z) dE_Z + \frac{4\pi me}{h^3} \int_0^{E_{F1}-eV} eVP(E_Z, V) dE_Z \quad eV < E_{F1}$$

Принимает вид:

$$J(V) = \frac{4\pi me}{h^3} \int_{E_{F1}-eV}^{E_{F1}} P(E_Z, V)(E_{F1} - E_Z) dE_Z + \frac{4\pi me}{h^3} \int_{E_{F1}-E_{F2}-eV}^{E_{F1}-eV} eVP(E_Z, V) dE_Z \quad eV < E_{F1} - E_{F2}$$

где m и e – масса и заряд свободного электрона соответственно, h – постоянная Планка, $P(E_z, V)$ – вероятность туннелирования.

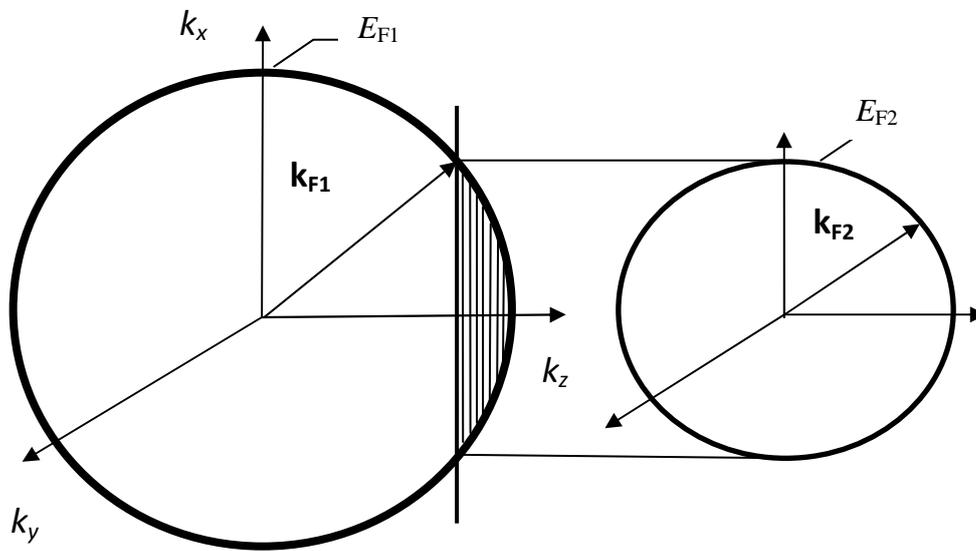


Рис. 1. Сферы Ферми стартового и конечного электрода в обратном пространстве, с энергиями Ферми E_{F1} и E_{F2} соответственно. Заштрихованная область соответствует электронным состояниям, для которых туннелирование возможно

Обычно, обсуждаемая проблема решалась способом, основанном на «перекрытии теней» [6]: нахождении общей площади от фермиевских поверхностей с k_{F1} и k_{F2} . Суммирование таким образом проводится по общим k_{\perp} . Очевидно, что предложенная нами формула для расчета туннельного тока, является более простой, чем стандартная процедура, основанная на перекрытии теней, хотя бы потому, что она не требует интегрирования по площади.

Список литературы

1. 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.
2. Туннельные явления в твердых телах пер. с англ. / под. ред. Э. Бурштейна, С. Лундквиста. изд. – М.: Москва, 1973.
3. Дюк К.Б. Теория туннельного перехода в системе металл-барьер-металл // В кн.: Туннельные явления в твердых телах пер. с англ. / под. ред. Э. Бурштейна, С. Лундквиста. изд. М: Москва, 1973. С. 36–51.
4. Займан Дж. Принципы теории твердого тела // Дж.Займан. – М.: Москва, 1962.
5. 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.
6. Harrison W.A. Tunneling from an Independent-Particle Point of View // W.A.Harrison / Phys. Rev. – 1961, Vol.123. – P.85– 97.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРОТОНОВ АДСОРБИРОВАННОЙ И ХИМИЧЕСКИ СВЯЗАННОЙ ВОДЫ ПО ПАРАМЕТРАМ ИНТЕНСИВНОСТИ И ШИРИНЫ СПЕКТРА ЯМР

*Хащеватская Н.В., Шатохин С.В., Вишняков А.В.,
Стариков Г.П., д-р техн. наук, проф.
ГУ «Институт физики горных процессов»
ifgpdnr@mail.ru*

Присутствие процессов самовозгорания углей несет научный и практический интерес и представляет собой изучение реакции термического разложения, когда скорость выхода летучих компонент будет достаточной для их воспламенения. Одним из основных показателей, характеризующих эту скорость, является энергия активации [1, 2], которую определяют расчетно-экспериментальным методом с использованием специальных лабораторных установок по изменению массы угля при различных температурах термостатирования. Энергия активации является тем фактором, посредством которого связывается влияние параметров материала и воздушного потока на скорость реакции.

Замечено, что один и тот же пласт, в разных местах по простиранию, может иметь неодинаковую склонность к самовозгоранию (даже если марка угля и петрографический тип в этих местах одинаковы) [3]. В местах тектонических нарушений пластов угля (раздувы, складчатость, смятие, сбросы, надвиги, интрузии смежных пород) эндогенные пожары возникают чаще, чем в местах с геологическим изменением [4]. Однако не всякое нарушение повышает склонность угля к самовозгоранию. Это явление наиболее вероятно в зонах диспергирования угля с интенсивным разрыхлением и увеличением пористости, обуславливающих трещиноватостью и развитой поверхностью для адсорбции кислорода.

При вскрытии зоны геологического нарушения горными работами, изменяется термодинамическое состояние системы уголь – газ, приводящее к росту свободной фазы метана и его десорбции, обеспечивающей доступ кислорода к обнаженной структуре угля. К моменту достижения углем критической температуры самовозгорания влага испаряется.

Для исследования степени изменения потери массы флюида в температурном диапазоне 300-900⁰К, использовался метод ЯМР (ядерного магнитного резонанса) на протонах водорода. Общий вид спектров ЯМР H¹, а также их первая производная, показаны на рисунке 1.

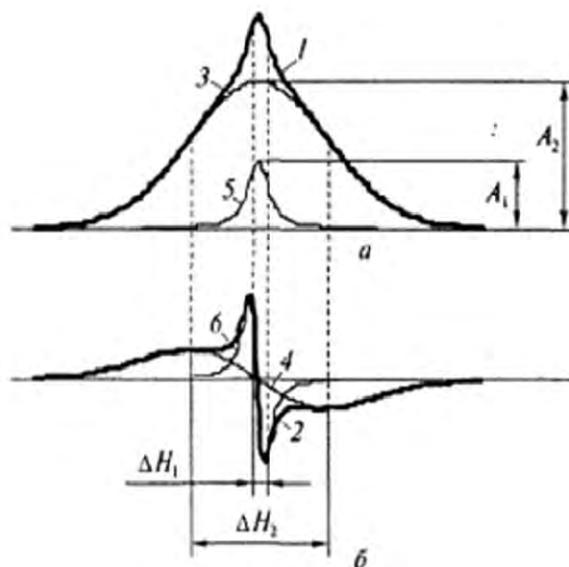


Рис. 1. Линия поглощения спектра ЯМР H^1 угля, содержащего флюид (а), производная от линии поглощения (б) : 1 – спектр поглощения, 3,4 – широкая составляющая спектра поглощения и его первой производной, 5,6 – узкая составляющая спектра поглощения и его первой производной

Методом ЯМР-спектроскопии были исследованы угли одного и того же пласта в месте нормального залегания и в месте геологического нарушения (ш-та им. А.Ф. Засядько пласт l_1 марка угля – «Ж»). Данный пласт, в местах тектонических нарушений (раздутие в месте сброса) имел случаи самовозгорания угля, так как резко увеличивалась пористость и влажность в местах геологических нарушений. Образцы углей измельчались до фракции 0.4-0.5 мм после чего высушивались при заданных температурах. Из полученных спектров ЯМР были определены значения интенсивностей узкой $I_{уз}$ и широкой линий спектра $I_{ш}$, ширина узкой $\Delta H_{уз}$ и широкой линий спектра $\Delta H_{ш}$ и посчитаны площади широкой $S_{ш}$ и узкой линий спектра $S_{у}$. Широкая линия спектра отражает малоподвижные ядра водорода, сосредоточенных в органике угля. Узкая линия спектра отражает вклад более подвижного водорода – из газообразных компонент угля. Образцы подвергались термодинамической обработке для уменьшения вклада узкой линии спектра. Установлено, что для угольного массива не подверженного геологическому нарушению отношение $\frac{S_{шт} = 160^\circ C}{S_{шт} = 600^\circ C} \approx 2,1$. Согласно Патенту

Украины №62483, МПК: E21F5/00 (2011) опубл. 25.08.2011 Бюл. № 16, используя полученные данные был посчитан критерий В (как отношение базового значения протонсодержащих компонентов к значению протонсодержащих компонентов исследуемого участка). Исследования показали, что с увеличением пористости (а так же сорбированных слоев), величина площадей спектров для широких линий твердого вещества в местах тектонических нарушений, с ростом температуры, уменьшается более интенсивнее, чем в местах с ненарушенной тектоникой. Об этом

свидетельствует высокий показатель выхода летучих веществ для нарушенного – 31,2% , ненарушенного – 21%. Физическую сущность широкой линии в угле можно охарактеризовать как количественное содержание протонов водорода в угольном веществе, а точнее, чем выше величина интенсивности широкой линии, тем больше их количество в угле. Исходя из полученных графиков зависимостей потери массы угольной пробы (а так же площади широких линий) от температуры, использовался метод взаимозамещения исследуемых данных, т.к. уменьшение площади широкой линии спектра ЯМР H^1 пропорционально потере массы угольной пробы. Для определения энергии активации использовался метод построения графика зависимости $\ln S$ от обратной температуры. Исходя из полученных данных был построен график из которого можно выделить 2 фазы испарения влаги. I фаза соответствует испарению свободной влаги, II фаза – связанной. Значительное уменьшение интенсивности свидетельствует об уменьшении числа алифатических цепей, вызванном разрушением многих связей в процессе тектонического нарушения. Экспериментальные результаты полученные для энергии активации при испарении свободной влаги ($E_{нар.} < E_{норм.}$; $E_{нар.} = 2,194$ кДж/моль, $E_{норм.} = 6,58$ кДж/моль), и связанной влаги ($E_{нар.} < E_{норм.}$; $E_{нар.} = 4,385$ кДж/моль, $E_{норм.} = 8,35$ кДж/моль) указывают на снижение энергии активации флюидов нарушенного по сравнению с данными для нормального пласта.

Таким образом, используя разработанный методический подход $\ln S = f(1/T)$, было установлено, что в местах тектонической нарушенности для выхода флюида из поверхности пор угля требуется энергия активации для фазы испарения свободной влаги в среднем 3 раза меньше, а для фазы испарения связанной – в 2 раза (чем меньше энергия активации, тем выше скорость химических реакций). Что выражается в интенсивном проникновении в поры сорбированного кислорода и началом окисления на внутренней поверхности пор угля.

Список литературы

1. Греков С.П. Влияние динамики хемосорбции кислорода углями на их склонность к самовозгоранию // С.П. Греков, А.Е. Калюсский, Б.И. Кошовский / Горноспасательное дело: сб. науч. тр. / НИИГД. – Донецк, 1995. – С. 21-28.
2. Пашковский П.С. Влияние интенсивности выделения метана из отбитого угля на склонность к самовозгоранию // П.С. Пашковский, С.П. Греков / 10-я сессия МБГТ: докл. – Гливице, Польша, 2005. – С. 73-86.
3. Алексеев А.Д. Физика угля и горных процессов // А.Д. Алексеев. – Киев: Наукова думка, 2010. – 424 с.
4. Зеленский Е.Е. Влияние пористости и проницаемости угольного пласта на критические условия его воспламенения // Е.Е.Зеленский, А.А.Воротилов / Вестник КемГУ. – № 2 (42). – 2010. – С. 21-24.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ В НЕИДЕАЛЬНОЙ ЦЕПОЧКЕ МИКРОРЕЗОНАТОРОВ С КВАНТОВЫМИ ТОЧКАМИ

Чевычелова Т.А.,

Овчинников О.В., д-р физ.-мат.наук

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

office@main.vsu.ru

Исходя из представлений [1] об идеальных фотонных структурах и развитых авторами ранее [2] экситоноподобных электромагнитных возбуждениях, в работе [3] нами рассмотрен неидеальный поляритонный кристалл, как система связанных микропор (микрорезонаторов). Представляет интерес исследовать цепочку подобных микрорезонаторов, содержащих одноуровневые атомные кластеры (квантовые точки). Ниже изучены особенности дисперсии электромагнитных возбуждений в неидеальной одномерной решетке связанных резонаторов, вызванные как вариацией резонаторов по расстояниям между ближайшими соседями, так и вариацией квантовых точек по составу. Подчеркнем, что используемая поляритонная модель [1,2,4] атомно-оптического взаимодействия справедлива лишь в случае ультрахолодных атомов с “замороженными” в микропоре пространственными степенями свободы [5]. Этот случай реализуется при низких температурах порядка mK , когда можно пренебречь уширением спектральной линии.

Для конкретизации проблемы рассмотрим электромагнитные возбуждения в одноподрешеточной цепочке произвольно расположенных одинаковых микропор, которые удалены друг от друга на расстояниях либо a_1 , либо a_2 . Каждая микропора содержит по квантовой точке одного из двух типов. Гамильтониан \hat{H} рассматриваемой системы в координатном представлении, имеет вид: $\hat{H} = \hat{H}_{at} + \hat{H}_{ph} + \hat{H}_{int}$. Здесь $\hat{H}_{at, n\alpha}$ – гамильтониан неподвижной (ультрахолодной) квантовой точки в $n\alpha$ -ом резонаторе, $\hat{V}_{n\alpha m\beta}^{\epsilon}$ – оператор кулоновского взаимодействия квантовой точки в резонаторе $n\alpha$ с квантовой точкой в $m\beta$ -ом резонаторе; $\hat{H}_{ph, n\alpha}$ – оператор, определяющий состояние локализованного в n -ом резонаторе электромагнитного возбуждения, $\hat{A}_{n\alpha m\beta}$ – оператор, описывающий перекрытие оптических полей $n\alpha$ -го и $m\beta$ -го – резонаторов (и, следовательно, определяющий вероятность перескока соответствующего электромагнитного возбуждения), \hat{H}_{int} – оператор взаимодействия локализованного в $n\alpha$ -ом резонаторе

электромагнитного возбуждения с квантовой точкой, находящейся в этом же резонаторе (матрица этого резонансного взаимодействия $g_{n\alpha}$).

Процедура конфигурационного усреднения (обозначенная далее угловыми скобками) [6] «восстанавливает» трансляционную инвариантность исследуемой структуры. Таким образом, собственные значения и собственные функции гамильтониана $\langle \hat{H} \rangle$ полученной виртуальной структуры могут характеризоваться волновым вектором \mathbf{k} . Диагонализация гамильтониана $\langle \hat{H} \rangle_{\mathbf{k}}$ приводит к системе линейных однородных уравнений, условием разрешимости которой является равенство нулю детерминанта:

$$\begin{vmatrix} \hbar \langle \omega_n^{at} \rangle_C + V(k) - \hbar \Omega(k) & \langle g_n \rangle \\ \langle g_n \rangle & \hbar \omega^{ph} - A(k) - \hbar \Omega(k) \end{vmatrix} = 0. \quad (1)$$

$\omega_{n\alpha}^{ph}$ - частота фотонной моды электромагнитного возбуждения, локализованного в $n\alpha$ -ом узле (резонаторе), $\hbar \omega_{n\alpha}^{at}$ - энергия возбуждения квантовой точки в узле $n\alpha$. Из (1) следует, что закон дисперсии $\Omega(k)$ поляритонных возбуждений в искомой неидеальной системе определяется частотными характеристиками как резонаторной, так и атомарной подсистем, а также и явным видом выражений $A(k, \{C_T\})$ и $V^{v,u}(k, \{C_T\})$. Здесь нижний индекс “С” характеризует усреднение по составу, а индекс “Т” – усреднение по расстояниям между соседними микропорами-резонаторами, C_C и C_T – концентрации элементов атомарной или резонансной подсистем.

Численный расчет соответствующих величин выполнен для конкретных модельных значений частот резонансных фотонных мод, локализованных в резонаторах с собственной частотой $\omega^{ph} = 2\pi \times 387,5 \text{ THz} \approx 2434 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$, квантовые точки с частотами возбуждения $\omega_1^{at} = 2\pi \cdot 191 \text{ THz} \approx 1200 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$ и $\omega_2^{at} = 2\pi \cdot 202 \text{ THz} \approx 1269 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$, значения параметров $A(a_1), V^{v,u}(a_1)$ считаем равными: $A/2\hbar = 8 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$, $V^{11}/2\hbar = 1 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$, $V^{22}/\hbar = 3 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$, причем полагаем, что $V^{12} \approx V^{21} = 6 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$, $g^{(1)}/\hbar = 5 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$, $g^{(2)}/\hbar = 1.5 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$, 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 $\Omega_{\pm}(k, C_C, C_T)$ исследуемых коллективных возбуждений в неидеальной решетке микрорезонаторов, представлены на рис.1.

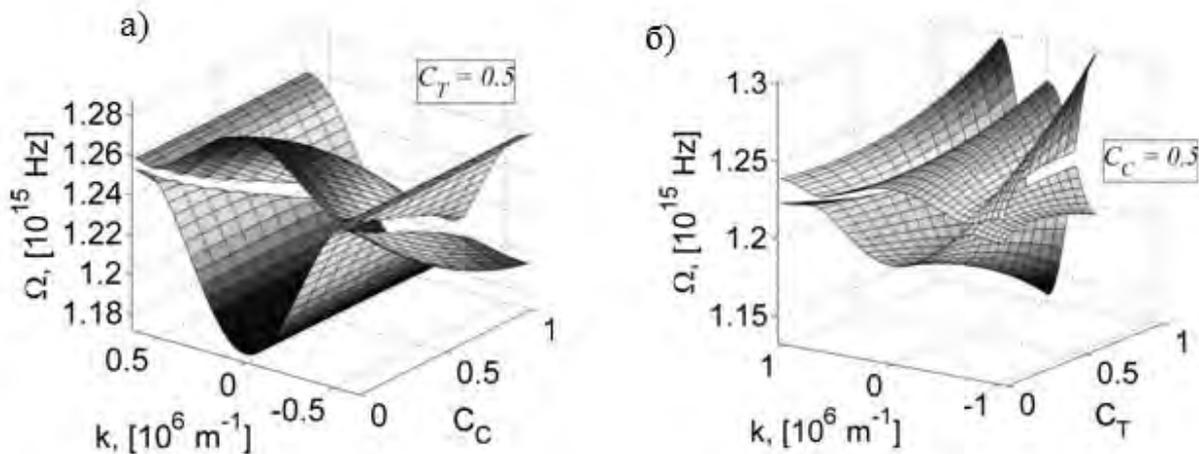


Рис. 1. Дисперсия $\Omega_{\pm}(k, C_C, C_T)$ поляритонных возбуждений в неидеальной цепочке связанных микрорезонаторов, как функция концентрации C_T близко расположенных микрорезонаторов, а также концентрации C_C квантовых точек, где а) $\Omega_{\pm}(k, C_C)$ для C_T равной 0,5, а на рисунке б) $\Omega_{\pm}(k, C_T)$ для C_C равных 0,5.

Список литературы

1. Alodjants A.P. Strongly localized polaritons in an array of trapped two-level atoms interacting with a light field // A.P.Alodjants, I.O.Barinov, S.M.Arakelian / J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. – 2010. – V.43. – P.095502.
2. Englund D. Resonant Excitation of a Quantum Dot Strongly Coupled to a Photonic Crystal Nanocavity // D. Englund, A.Majumdar, A.Faraon atc. / PRL. – 2010. – V.104. – P. 073904.
3. Rumyantsev V.V. Exciton-like electromagnetic excitations in non-ideal microcavity supercrystals // V.V.Rumyantsev, S.A.Fedorov, K.V.Gumennyk atc. / Nature. Scientific Reports. – 2014. – V. 4. – P. 6945.
4. Румянцев В.В. Поляритонные возбуждения в неидеальной цепочке микрорезонаторов с квантовыми точками // В.В.Румянцев, С.А.Федоров, К.В.Гуменник / ФТТ. – 2017. – Т.59, №4. – С.741-747.
5. . Dynamics of a two-mode Bose-Einstein condensate beyond mean-field theory // Anglin J.R. and Vardi A / Phys. Rev. 2001. V. A 64. – P. 013605.
6. Займан Дж. Модели беспорядка // Дж.Займан. – М.: Мир, 1982. – 592 с.

РАСЧЕТ СПЕКТРОВ РАМАНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА НА ЧЕТЫРЕХУЗЕЛЬНЫХ СПИНОВЫХ КЛАСТЕРАХ

Червинский Д.А.,

Шелест В.В., канд. физ.-мат. наук

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

chervin@teor.fti.ac.donetsk.ua

В данной работе проведен расчет уровней энергии и спектров рамановского рассеяния света для 4-узельного спинового кластера с учетом различных типов взаимодействий. Были рассмотрены случаи основных состояний различной мультиплетности. Показано, что в обменном приближении рассеяние света на магнитных возбуждениях кластеров запрещено для обоих механизмов рассеяния.

Молекулярные магнетики являются одним из примеров невзаимодействующих объектов, внедренных в твердотельное окружение. В частности, к ним относятся молекулы, содержащие ионы переходных металлов со столь сильным взаимодействием между собой, что при низких

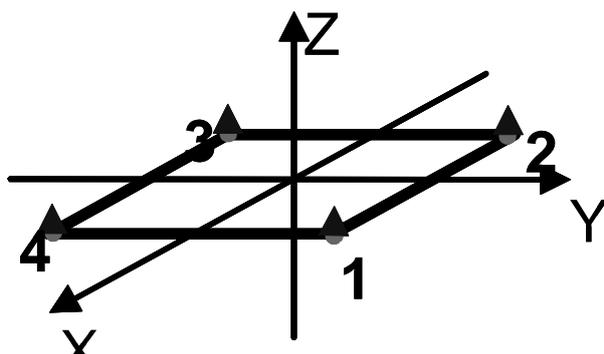


Рис. 1а. Четырехузельный спиновый кластер

температурах каждая молекула ведет себя как одиночный изолированный домен. Такие вещества представляют практический интерес как возможные устройства спиновой электроники. Их спектр магнитных возбуждений определяется типом и геометрией расположения магнитных ионов. Одним из методов исследования спектра является комбинационное (Рамановское) рассеяние света. Для расчета таких спектров была

построена описанная в данной работе модель.

Учитывались следующие виды взаимодействий: изотропное обменное

$$H_J = J \sum_{i=1}^4 (\vec{S}_{i-1} \cdot \vec{S}_i)$$

вдоль сторон квадрата; изотропное обменное вдоль диагоналей квадрата

$$H_B = B \{ (\vec{S}_1 \cdot \vec{S}_3) + (\vec{S}_2 \cdot \vec{S}_4) \}$$

биквадратный обмен вида [Чубуков]

$$H_c = C \left\{ (\vec{S}_1 \cdot \vec{S}_2)(\vec{S}_3 \cdot \vec{S}_4) + (\vec{S}_2 \cdot \vec{S}_3)(\vec{S}_4 \cdot \vec{S}_1) \right\}$$

Кроме того, рассматривались анизотропное обменное взаимодействие (одноосная анизотропия вдоль оси, перпендикулярной к плоскости кластера)

$$H_a = a \sum_{i=1}^N S_{i-1}^z S_i^z$$

а также взаимодействие Дзялошинского-Мория (ВДМ)

$$H_D = \vec{D} \cdot \sum_{i=1}^4 [\vec{S}_{i-1} \times \vec{S}_i]$$

с вектором \vec{D} , направленным перпендикулярно плоскости кластера.

Полное число состояний кольца из 4 спинов $\frac{1}{2}$ равно 16. Способом, предложенным [Koziudis], выбранный нами гамильтониан может быть сведен к матрицам не большим, чем 2×2 , а в обменном приближении все уровни энергии могут быть рассчитаны аналитически. Для расчета используется факт симметрии кластера (а значит, и гамильтониана) при вращении в плоскости с шагом в узел (трансляция на узел вдоль квадрата). Это позволяет вместо непосредственного расчета стационарных состояний вычислять совпадающие с ними собственные состояния оператора упомянутой трансляции, что значительно проще.

Численный расчет уровней энергии с учетом перечисленных выше взаимодействий, а также влияния внешнего магнитного поля $H \parallel Z$ оказывается сравнительно простым. Если учитывать анизотропию и ВДМ, то в спектре появляется дополнительное расщепление уровней. Эти изменения продемонстрированы на рис. 2.

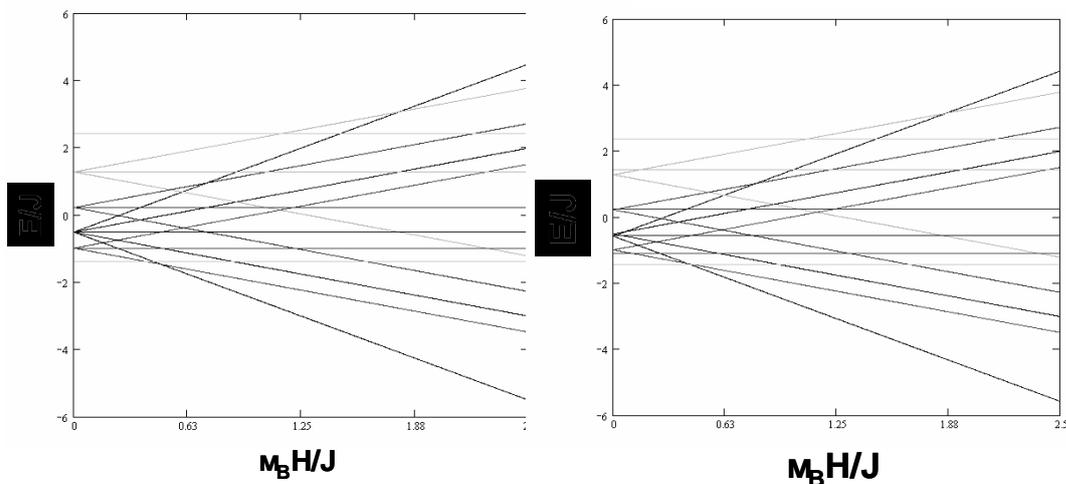


Рис.2. Уровни энергии тетрамера ($J=1$; $V=C=0$) при отсутствии (слева) и наличии (справа) анизотропии ($a=0.1J$)

Используя найденные уровни энергии и стационарные состояния, мы можем вычислить интенсивность рамановского рассеяния света на магнитных возбуждениях кластеров. Стартуя с наиболее общей формулы интенсивности рассеяния [Moriya] и прилагая ее к рассматриваемому случаю, можно рассчитать спектры Рамановского рассеяния света на магнитных возбуждениях изучаемых кластеров. В ходе вычислений учитывались фарадеевские и обменные члены в тензоре рассеяния.

В обменном приближении гамильтониан коммутирует с операторами, описывающими как один, так и другой механизмы, поэтому в этом случае рассеяние вообще наблюдаться не будет. На рис.3 приведены спектры рассеяния с учетом ВДМ ($D=0.5|J|$) в отсутствие магнитного поля при температуре $T=|J|$ для случая триплетного основного состояния.

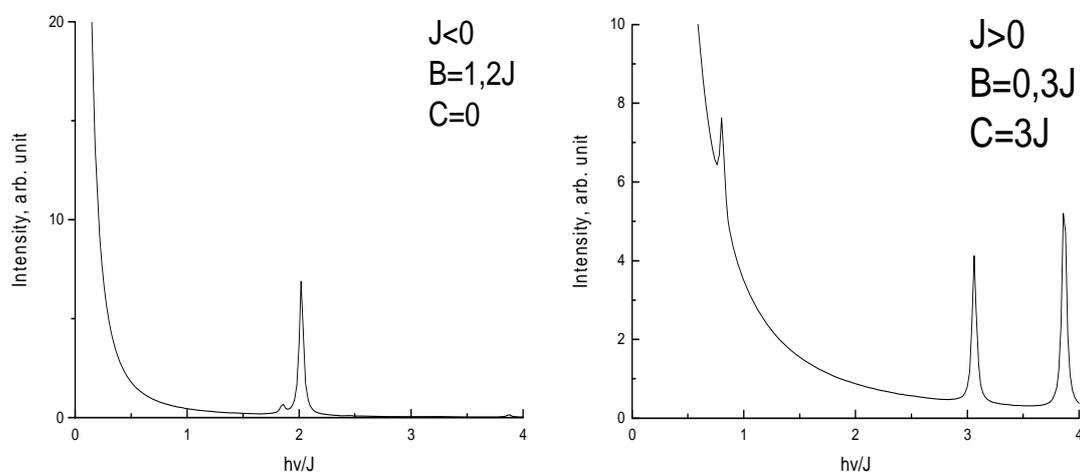


Рис. 3. Спектр рассеяния на тетрамере с триплетным основным состоянием.
Слева – фарадеевский механизм рассеяния, справа – обменный

В описываемых исследованиях изложенный метод впервые был применен за рамками обменного приближения.

Список литературы

1. Chubukov A., Gagliano E., Balseiro C. Phys. Rev. B, vol.45, num.14, 7899 (1992).
2. Kouzoudis D. J. Magn. Mater., 189, 366 (1998).
3. Moriya T. J. Phys. Soc. Japan, vol.23, num.3 (1967).

АСПЕКТЫ ИСЧИСЛЕНИЯ ВНЕШНИХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ФОРМ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ТЕРМОДИНАМИКЕ

Червинский Д.А.,

Шелест В.В., канд. физ.-мат. наук

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

chervin@teor.fti.ac.donetsk.ua

В краткой форме представлены основополагающие положения исчисления внешних дифференциальных форм [1-9]. Продемонстрирована методологическая эффективность используемого математического аппарата теории термодинамических потенциалов [5,6].

Исчисление дифференциальных форм, созданное в начале XX века Э.Картаном [1-4], является одним из наиболее фундаментальных и вместе с тем простым, мобильным в применении математическим методом в дифференциальной геометрии и ее приложениях [1-9]. Теория дифференциальных форм характеризуется универсальностью понятий и методологической простотой. Такие традиционные инструменты математической физики, как векторное, дифференциальное, интегральное исчисления, являющиеся основанием современного математического аппарата в теоретической физике, с точки зрения современной математической мысли [1-9], представляют собой в определенной мере просто неудовлетворительный перевод на другой язык внешних дифференциальных форм, поскольку последние являются математическими конструкциями более фундаментального характера.

В работе продемонстрирована простота установления уже известных и концептуальная схема получения новых результатов в термодинамике.

Дифференциальной формой степени p в n -мерном координатном пространстве ($p \leq n$) называют математическую конструкцию, которая представляет собой знакопеременную форму (обозначаемую как $\tilde{\omega}(x, \tilde{d}x) \equiv \omega(x, \tilde{d}x^1, \dots, \tilde{d}x^p)$), являющуюся линейной комбинацией бесконечно дифференцируемых функций, умноженных на соответствующее произведение дифференциалов:

$$\tilde{\omega}(x, \tilde{d}x) = \sum_{i_1 < \dots < i_p} \omega_{i_1 \dots i_p}(x) \tilde{d}x^{i_1} \wedge \dots \wedge \tilde{d}x^{i_p}$$

Здесь $x = (x^1, \dots, x^n) \in R^n$, дифференциальные символы $\tilde{d}x^i, i = 1, \dots, p$ являются векторами размерности n .

Символы \tilde{d} и Λ , характеризующие соответственно внешнее дифференцирование и внешнее умножение, описывают алгебру внешних дифференциальных форм, обладая свойствами, отличающимися от обычных умножения и дифференцирования [1-3].

Внешний дифференциал линейной дифференциальной формы определяется соотношением

$$\tilde{d}\omega = \sum_{i_1, \dots, i_p} \tilde{d}\omega_{i_1, \dots, i_p} \Lambda \tilde{d}x_{i_1} \Lambda \dots \Lambda \tilde{d}x_{i_p}$$

где $\tilde{d}\omega_{i_1, \dots, i_p} = \sum_{k=1}^n \frac{\partial \omega_{i_1, \dots, i_p}}{\partial x^k} \tilde{d}x_k$. Внешний дифференциал формы нулевой степени (0-форму) формально совпадает с обычным дифференциалом. Этот дифференциал является формой первой степени (1-формой).

В [5,6] рассмотрена методология термодинамических потенциалов (характеристических функций). Сами по себе термодинамические потенциалы в исчислении внешних дифференциальных форм – это 0-формы; их внешние дифференциалы – это 1-формы. Повторное применение оператора \tilde{d} обнуляет эти формы в силу их замкнутости [1-3], или в силу полноты этих пфаффовых форм в обычном дифференциальном исчислении. В [5,6] было получено основное уравнение теории термодинамических потенциалов в терминах исчисления внешних дифференциальных форм. Оно связывает соответствующие 2-формы.

Было проведено исследование уравнения, описывающего поведение магнетика во внешнем магнитном поле, которое в излагаемой терминологии имеет вид

$$\tilde{d}P \Lambda \tilde{d}V - \tilde{d}\vec{M} \Lambda \tilde{d}\vec{H} = 0$$

Решение этого уравнения в частном случае базиса $(P, |\vec{H}|)$ с использованием соответствующего алгоритма [5,6] приводит к известным результатам, получаемым традиционными методами: эффекту магнитострикции и др.

Дано представление о природе векторного исчисления, основой которого является исчисление внешних дифференциальных форм [1-9]. В качестве примера применения исходного формализма выбрана методология пфаффовых форм, применяемых в теории термодинамических потенциалов. Показана математическая простота обращения с формами и эффективность получения физических результатов. Продемонстрированный на частном примере подход может быть применен ко многим задачам в различных областях физики. Показаны потенциальные возможности исчисления внешних дифференциальных форм.

Универсальный язык используемой математической дисциплины демонстрирует [5,6] математическую компактность и физическую взаимообусловленность термодинамических переменных, описывающих тепловые, механические и другие свойства моно- и поливариантных систем в общем случае. На примере термодинамики пфаффовых форм показано, что применение формализма исчисления внешних дифференциальных форм к описанию физической реальности позволяет оперировать физическими понятиями на более глубоком, фундаментальном уровне, который наиболее адекватен физико-математическим принципам абстрактного векторного анализа.

Список литературы

1. Грауэрт Г. Дифференциальное и интегральное исчисление // Г.Грауэрт, И.Либ, В.Фишер. – М.: Мир, 1971.
2. Шутц Б. Геометрические методы математической физики // Б.Шутц. – М.: Мир, 1984.
3. Ильин В.А. Основы математического анализа // В.А.Ильин, Э.Г.Позняк. – Т.2. – М.: Наука, 1973.
4. Клейн Ф. Элементарная математика с точки зрения высшей // Ф.Клейн. – Т.2. Геометрия. – М.: Наука, 1987.
5. Shelest V. Thermodynamic Potentials Theory Aspects in External Differential Forms Calculus Representation // V.Shelest, A.Hristov, D.Chervinskii, V.Rumyantsev / Journal of Photonic Materials and Technology. – 2017. – Vol.3, №2. – Pp. 6-13.
6. Червинский Д.А. Аспекты применения исчисления дифференциальных форм в термодинамике // Д.А.Червинский, В.В.Шелест / Международная конференция «Открытые физические чтения – 2017», Луганск.
7. Водопьянов С.К. Исчисление внешних дифференциальных форм. Сборник задач и упражнений // С.К.Водопьянов, Д.В.Исангурова. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2012.
8. Виткин А.А. Внешние дифференциальные формы в курсе высшей математики для технических университетов // А.А.Виткин / Фундаментальные исследования – 2014. – №8-7. – С.1571-1575.
9. Гусев Н.С. Производная Ли, теорема Фробениуса, дифференциальные формы // Н.С.Гусев, В.Л.Чернышов / Электронное учебное издание. – М.: МВТУ им. Н.Э.Баумана, 2011.

УДК 378.147-335:6

НЕОБХОДИМОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНСКИЕ УЧРЕЖДЕНИЯ

*Данькина В.В., Данькин К.В.,
Данькина И.А.*, канд. мед. наук, доцент
ГОУ ВПО «Донецкий национальный медицинский
университет им. М. Горького»
vip.ilada@mail.ru

Актуальность. На сегодня медицинские учреждения только начинают внедрение информационных технологий. Большинство медицинской информации регистрируется на бумаге, что негативно влияет на скорость и качество обслуживания пациентов, усложняет работу медицинского персонала, приводит к большим затратам времени на нахождение предыдущего анамнеза протекания болезни. Таким образом, наблюдается противоречие между требованиями современной жизни, относительно скорости и качества медицинского обслуживания населения, и реальной медицинской практикой. Чрезвычайно мощным инструментом решения этой проблемы становятся медицинские информационные системы (МИС).

Цель работы. Проведение основательного теоретического анализа и доказательство необходимости и перспективности внедрения информационных технологий (ИТ) в деятельность медицинских учреждений.

Результаты исследования. Анализ научных статей показал, что вопросам информационного обеспечения медицинских учреждений посвящено большое количество работ ученых. В публикациях выделены основные направления использования информационного обеспечения медицинскими работниками: научная деятельность (1,7 %), управления медицинскими учреждениями и их ресурсами (2,4 %), медицинское страхование (2,9 %), фармацевтика (3,4 %), телемедицина (3,9 %), управление пациентов (4,4 %), электронная история болезни (4,7%), информационная безопасность (4,9 %), беспроводные технологии (4,6 %), информационное обеспечение (7,6%), социальные аспекты (8,8 %), технологии Интернет (12,4 %), стратегия информатизации здравоохранения (15,6 %), МИС (22,7 %) [1,2,3]. Наиболее весомым в этом перечне является МИС – инструмент для определения и планирования всех ресурсов медицинского учреждения, которые необходимы для ведения лечебно-диагностической, административно – хозяйственной, финансовой, сервисной деятельности и учета в процессе оказания медицинских услуг [1,3]. Указанные системы состоят из программных модулей: регистратура,

амбулатория, лаборатория, стационар, скорая помощь, финансы, управление запасами, архив медицинских изображений, статистика. Преимуществами внедрения МИС в медицинском учреждении являются: оперативный учет; повышение качества обслуживания; эффективное управление складскими запасами медикаментов и расходных материалов; повышение уровня безопасности и конфиденциальности информации, возможность обмена информацией и опытом между лечебными учреждениями разных уровней.

Выводы. Внедрения медицинских информационных систем в учебно-воспитательный процесс будет способствовать подготовке будущих врачей на современном уровне. Именно такая информационная среда создаст необходимые предпосылки для дальнейшего реформирования системы здравоохранения, улучшения состояния здоровья населения и повышение эффективности лечебного процесса и профилактических мероприятий.

Список литературы

1. Гулиев Я.И. Внедрение информационных систем в медицине: финансовый анализ / Я.И. Гулиев, И.Ф. Гулиева, Е.В. Рюмина // Аудит и финансовый анализ. – 2009. – № 2. – С. 457-464.
2. Джарратано Д. Экспертные системы: принципы разработки и программирование, 4-е издание, пер. с англ. / Д. Джарратано, Г. Райли. – М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2007. – 1152 с.
3. Лобас В.М. Электронные средства государственного управления здравоохранением: Учебное пособие / В.М. Лобас. – Донецк: Издательство «Ноулидж». – 2012. – 222 с.

УДК 539.5

ДИНАМИКА КРАЕВЫХ ДИСЛОКАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ СОСТАРЕННЫХ СПЛАВОВ

Джанджгава К.Г.¹,

Малашенко В.В.², д-р физ-мат. наук, проф.

¹ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»,

²ГУ «Донецкий физико-технический институт им. Галкина»

Современные лазерные технологии позволяют влиять на формирование дефектной структуры кристаллов, которая в значительной степени определяет свойства функциональных материалов, прежде всего механические [1]. При облучении кристаллов мощными лазерными импульсами образуется ударная волна, при этом генерация точечных дефектов происходит во всем объеме твердого тела. Изменяя мощность лазерного воздействия, мы можем в широких пределах изменять плотность дефектов.

В последние годы все более широкое применение находит высокоскоростная пластическая деформация [2, 3], которая реализуется, в частности, при воздействии на кристаллы лазерными импульсами высокой мощности [4]. В ходе этих процессов скорость пластической деформации

достигает значений $10^3 - 10^7 \text{ s}^{-1}$, а изменение механических свойств кристаллов определяется главным образом движением дислокаций и их взаимодействием с элементарными возбуждениями кристалла и потенциальными барьерами, создаваемыми различными дефектами структуры. Механизм диссипации при динамическом взаимодействии со структурными дефектами заключается в необратимом переходе кинетической энергии дислокации в энергию ее изгибных колебаний в плоскости скольжения [5-7]. Этот механизм весьма чувствителен к виду спектра дислокационных колебаний. При высокоскоростной деформации плотность дислокаций достигает весьма больших значений, а взаимодействие дислокаций между собой приводит к перестройке дислокационного спектра, что в свою очередь оказывает существенное влияние на динамическое взаимодействие движущихся дислокаций со структурными дефектами и механические свойства материалов.

Существенное влияние на движение дислокаций, а, следовательно, и на механические свойства кристаллов, оказывает динамическое взаимодействие дислокаций с зонами Гинье-Престона, образующимися в сплавах в результате искусственного или естественного старения [8].

В работах [8, 9] методом молекулярной динамики анализировалось движение краевой дислокации в упругом поле зон Гинье-Престона. В настоящей работе показано, что возрастание плотности подвижных дислокаций при высокоскоростном деформировании в условиях воздействия на сплав мощных лазерных импульсов приводит к возникновению эффекта сухого трения при их динамическом взаимодействии с зонами Гинье-Престона, в результате чего происходит упрочнение сплава.

Пусть бесконечные краевые дислокации совершают скольжение в положительном направлении оси OX с постоянной скоростью v в кристалле, содержащем хаотически распределенные зоны Гинье-Престона. Линии дислокаций параллельны оси OZ , их векторы Бюргерса $\mathbf{b} = (b, 0, 0)$ одинаковы и параллельны оси OX . Плоскость скольжения дислокаций совпадает с плоскостью XOZ . Положение k -ой дислокации определяется функцией

$$X_k(y=0, z, t) = vt + w_k(y=0, z, t) \quad (1)$$

Здесь $w_k(y=0, z, t)$ – случайная величина, описывающая изгибные колебания дислокации, возбужденные ее взаимодействием с хаотически распределенными дефектами.

Зоны Гинье-Престона будем считать одинаковыми, имеющими радиус R и распределенными случайным образом в плоскостях параллельных плоскости скольжения дислокации XOZ . Такая ситуация реализуется, например, в сплавах Al-Cu, где зоны Гинье-Престона имеют форму пластинок моноатомной толщины [9].

Уравнение движения k -ой дислокации может быть представлено в следующем виде

$$m \left\{ \frac{\partial^2 X}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 X}{\partial z^2} \right\} = b \left[\sigma_0 + \sigma_{xy}^G \right] + F_k - B \frac{\partial X}{\partial t} \quad (2)$$

где σ_{xy}^G – компонента тензора напряжений, создаваемых на линии дислокации зонами Гинье-Престона, F_k – сила, действующая на дислокацию со стороны остальных дислокаций ансамбля, m – масса единицы длины дислокации, c – скорость распространения в кристалле поперечных звуковых волн, B – константа демпфирования, обусловленная фононными, магннными или электронными механизмами диссипации.

Воспользовавшись методом, развитым в работах [5-7], силу динамического торможения движущейся краевой дислокации зонами Гинье-Престона вычислим по формуле

$$F_G = \frac{n_G b^2}{8\pi^2 m} \int d^3 q |q_x| \cdot |\sigma_{xy}^G(\mathbf{q})|^2 \delta(q_x^2 v^2 - c^2 q_z^2 - \Delta^2) \quad (3)$$

где Δ – щель в спектре дислокационных колебаний, $\sigma_{xy}^G(\mathbf{q})$ – Фурье-образ компоненты тензора напряжений, созданных зонами Гинье-Престона, n_G – объемная концентрация этих зон.

При воздействии на кристалл лазерными импульсами высокой мощности плотность подвижных дислокаций может достигать значений $\rho = 10^{15} \text{ м}^{-2}$. Именно коллективное взаимодействие дислокаций в этом случае вносит главный вклад в формирование спектральной щели, величина которой согласно [5] определяется формулой

$$\Delta = \Delta_{dis} = c\sqrt{\rho} \quad (4)$$

При скоростях $v < v_G = R\Delta_{dis}$, где R – средний радиус зоны Гинье-Престона, сила динамического торможения дислокации этими зонами не зависит от скорости деформации и ее вклад в величину деформирующих напряжений определяется следующей формулой

$$\tau_G = D \frac{n_G}{\sqrt{\rho}} \quad (5)$$

где коэффициент D определяется упругими константами материала.

Рассмотренный механизм диссипации может повысить прочность сплавов на десятки процентов.

Список литературы

1. Мирзоев Ф.Х., Панченко В.Я., Шелепин Л.А. // УФН.-1996.- Т. 166. –С. 3-32.
2. Lee J., Veysset D., Singer J., Retsch M., Saini G., Pezeril T., Nelson K., Thomas E. // Nature Communications. – 2012.- No. 3. – P.1164.
3. Hallberg H., Rytberg K., Ristinmaa M. // ASCE J. Eng. Mech.- 2009.- V. 135, N. 4.- P. 345-357.
4. 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.- 2014. -V. 10.- P. 9-15.
5. Малашенко В.В. // ФТТ. -2014.- Т. 56, № 8.- С. 1528–1530.
6. Малашенко В.В. // ПЖТФ. -2012.- Т. 38, № 19.- С. 61–65.
7. Malashenko V.V. // Physica B: Phys. Cond. Mat. 2009. V. 404, № 2. P. 3890–3892.
8. Singh C.V., Warner D.H. // Acta Materialia. V. 58. No. 17. P. 5797–5805.
9. Куксин А.Ю., Янилкин А.В. // МТТ. 2015. № 1. С. 54–65.

ВЛИЯНИЕ НАГРУЗОЧНОГО ИМПЕДАНСА НА ТРЕТЬЕЙ ГАРМОНИКЕ И ВЫХОДНОЙ ЕМКОСТИ ТРАНЗИСТОРА НА КПД УСИЛИТЕЛЯ КЛАССА F_3

*Ефимович А.П., Павлов М.Л., Мазаев Г.В.,
Данилов В.В., д-р техн. наук, проф.,
Ступак В.А.*

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
yefymovych@gmail.com

Важнейшим принципиальным условием реализации высокоэффективного режима работы ненасыщенного и насыщенного усилителя мощности (УМ) класса F_3 является создание нагрузочной цепью усилителя на стоке транзистора активного нагрузочного импеданса на третьей гармонике, примерно 3-5 раз превосходящего нагрузочный импеданс на первой гармонике [1-3]. Однако при практической реализации данного усилителя довольно сложно получить чисто активный нагрузочный импеданс на третьей гармонике. Обычно вместе с активной составляющей данного импеданса, присутствует и его реактивная составляющая [4], что делает его комплексным и требует отдельного изучения совместного влияния данных составляющих на энергетические характеристики усилителя. Одновременно с этим также необходимо учитывать и влияние величины выходной емкости транзистора, от величины которой, как было показано в [1], также зависит величина КПД усилителя.

В данной работе была рассмотрена модель идеализированного высокочастотного (ВЧ) насыщенного УМ класса F_3 (рис. 1). В усилителе (рис. 1) использовалась модель безынерционного активного элемента Q_1 (полевого транзистора) 2N7000L, статические характеристики которого были описаны с помощью уравнений Shichman-Hodges [5]. Моделирование усилителя выполнялось методом гармонического баланса. Напряжение питания было равно $V_{DD} = 25$ В. Угол отсечки составлял 90° . Рабочая частота была равна $f_0 = 13,56$ МГц.

Предполагалось, что на стоке транзистора нагрузочная цепь создает активный нагрузочный импеданс на первой гармонике $Z(f_0) = R = 200$ Ом и на равный нулю второй гармонике $Z(2f_0) = 0$. На третьей гармонике выполнялась настройка активной (R_3) и реактивной (X_3) составляющих импеданса $Z(3f_0) = R_3 + jX_3$. На всех гармониках выше третьей,

нагрузочные импедансы определялись выходной емкостью транзистора и были равны $Z(nf_0) = 1 / jn2\pi f_0 C_{out}$, где $n = 4, 5, \dots, 20$.

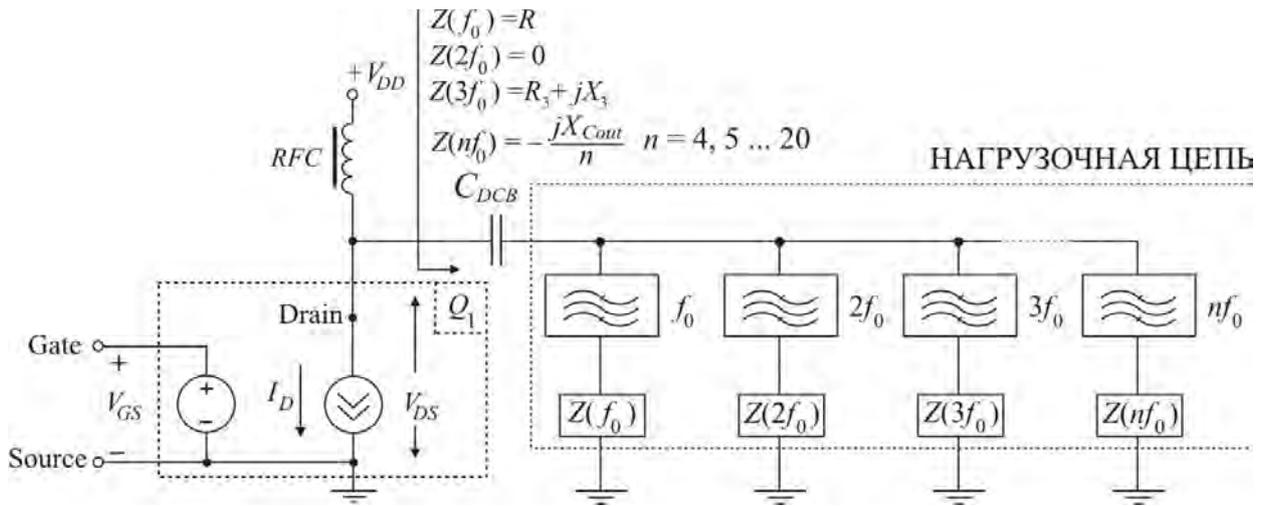


Рис. 1. Схема модели идеализированного УМ класса F₃

На этапе проектирования усилителя необходимо знать в каких пределах будет изменяться абсолютное значение импеданса (модуль) $|Z(3f_0)| = \sqrt{R_3^2 + X_3^2}$ и его фаза $\varphi_3 = \arctg(\pm X_3 / R_3)$, поскольку это даст представление о допустимых отклонениях данных величин при которых может быть достигнут высокий стоковый КПД усилителя. На рис. 2 в полярных координатах изображены полученные зависимости стокового КПД от фазы при различных значениях величины выходной емкости транзистора C_{out} . Для удобства оценки влияния величины C_{out} на КПД усилителя, использовалась величина абсолютного значения емкостного импеданса на первой гармонике $|Z_{Cout}(f_0)|$.

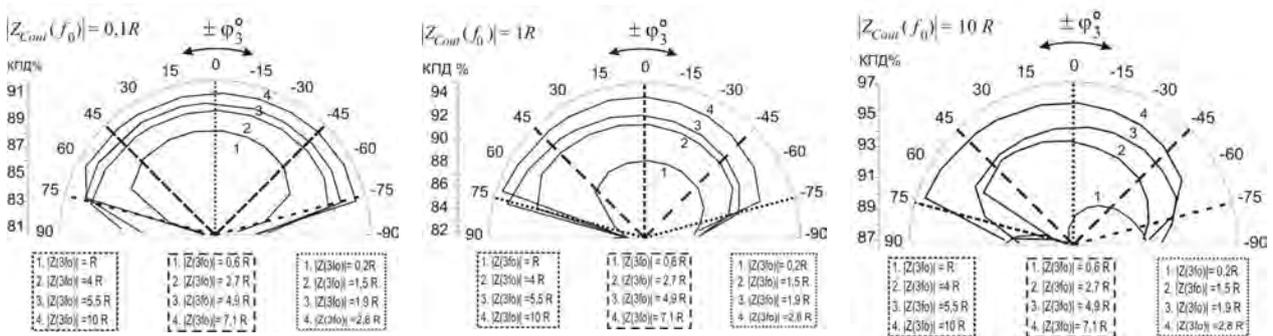


Рис. 2. Зависимости КПД от $|Z(3f_0)|$ и φ_3 при различных $|Z_{Cout}(f_0)|$

На рис. 2 по пересечению кривых и осей, выделенных пунктирными линиями, можно определить значение модуля импеданса на третьей гармонике $|Z(3f_0)|$. Максимальный КПД соответствует точке, в которой

$|Z(3f_0)|$ примерно в десять раз больше активного сопротивления на первой гармонике, это так же соответствует фазе равной нулю $\varphi_3 = 0^\circ$. При изменении φ_3 в сторону ее положительных или отрицательных значений наблюдается практически симметричная картина и КПД снижается при различных $|Z_{Cout}(f_0)|$. Вместе с тем за счет увеличения $|Z_{Cout}(f_0)|$ общее снижение КПД, при отклонении φ_3 от 0, можно частично скомпенсировать. Таким образом, можно отметить, что для достижения высокого КПД насыщенного УМ класса F_3 необходимо уменьшать выходную емкость транзистора до уровня когда $|Z_{Cout}(f_0)| \geq R$, сохранять значения модуля нагрузочного импеданса на третьей гармонике на уровне $|Z(3f_0)| \geq 3R$, и сохранять изменение фазы φ_3 импеданса в пределах $\pm 60^\circ$ как это следует из рис. 2. Данные результаты могут быть использованы для проектирования нагрузочных цепей насыщенных усилителей класса F_3 с расширенной полосой рабочих частот, где довольно сложно получить чисто активный нагрузочный импеданс на третьей гармонике в требуемой полосе рабочих частот и необходимо знать границы значений $|Z(3f_0)|$ и φ_3 при которых может быть достигнут высокий КПД усилителя.

Список литературы

1. Yefimovich A.P. Investigation into energy characteristics of saturated class-F amplifier // A.P.Yefimovich, V.G.Kryzhanovskii / Telecommunications and radio engineering. 2015. Vol. 74, Issue 8. – P.709-723.
2. Colantonio P. On the class-F power amplifier design // P.Colantonio, F.Giannini, G.Leuzzi, E.Limiti / Intern. journal of RF and microwave computer-aided engineering. – 1999. – Vol. 9, No. 2. – P. 129-149.
3. Ефимович А.П. Методика расчета насыщенного усилителя класса F // А.П. Ефимович / Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. – 2015. – Вып. 3. – С. 13-21.
4. Ефимович А.П. Исследование нелинейных искажений высокочастотного насыщенного усилителя класса F_3 // А.П. Ефимович / Вестник ДонНУ. Серия А: Естественные науки. – 2016. – №2. – С. 65-69.
5. Shichman H. Modeling and simulation of insulated-gate field-effect transistor circuits // H.Shichman, D.Hodges / IEEE J. of solid-state circuits. – 1968. – Vol. 3, No. 3. – P.285-289.

НАГРУЗОЧНАЯ ЦЕПЬ ДЛЯ ИНВЕРСНОГО УСИЛИТЕЛЯ КЛАССА F_2 *Ефимович А.П., Мазаев Г.В., Клеба А.В.,**Данилов В.В.*, д-р техн. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

yefymovych@gmail.com

Одной из разновидностей усилителей мощности (УМ) класса F с управлением ограниченным числом гармоник, является инверсный УМ класса F_2 . Довольно часто данный класс усилителя обозначают как F_2^{-1} [1]. Теоретический электронный КПД такого усилителя составляет 90,0%, что примерно равно КПД УМ класса F_3 (90,7%) [2]. В случае идеализированных усилителей класса F_∞ и инверсного класса F_∞^{-1} при учете бесконечного числа гармоник их теоретические КПД совпадают и стремятся к 100%. Однако, при учете напряжения насыщения транзистора КПД инверсного класса F_∞^{-1} будет выше, чем класса F_∞ , что также справедливо и при учете в усилителях ограниченного числа гармоник (классы F_3 , F_2^{-1}) [3]. Это позволяет, отдать предпочтение инверсному УМ класса F_2^{-1} вместо УМ класса F_3 при условии, что максимальное напряжение импульса на стоке транзистора не превосходит пробивного напряжения транзистора.

При проектировании нагрузочных цепей для УМ класса F_2^{-1} также как для УМ класса F_3 возникает необходимость учета паразитных элементов транзистора: выходной емкости ($C_{\text{вых}}$) и выходной индуктивности ($L_{\text{вых}}$) [4-6]. В [6] предложена нагрузочная цепь, для УМ класса F_2^{-1} компенсирующая негативное влияние $C_{\text{вых}}$ и $L_{\text{вых}}$ на работу усилителя (рис. 1 а). В данной цепи C_2 , L_2 и C_4 , L_3 образуют параллельные колебательные контуры, настроенные на третью и вторую гармоники. Это позволяет за счет $L_{\text{вых}}$ и выбора L_1 , C_1 создать последовательный контур, который на третьей гармонике на стоке транзистора создает импеданс $Z(3f_0) = 0$. Импеданс на второй гармонике $Z(2f_0) = \infty$ достигается за счет выбора величины C_3 , которая совместно с $L_{\text{вых}}$, L_1 , C_1 , C_2 , L_2 создает, индуктивное сопротивление по модулю равное емкостному сопротивлению емкости $C_{\text{вых}}$. Это позволяет получить параллельный колебательный контур на второй гармонике. Для настройки цепи на первой гармонике выбираются величины C_5 и L_3 , C_4 параллельного контура на второй гармонике, при которых с учетом величины сопротивления нагрузки $R_{\text{н}}$ можно получить на

стоке транзистора требуемую величину активного нагрузочного импеданса $Z(f_0) = R$ (рис. 1 а).

Несмотря на наличие рекомендаций к настройке нагрузочной цепи (рис. 1 а) и возможность компенсации негативного влияния $C_{\text{ВЫХ}}$ и $L_{\text{ВЫХ}}$ на работу усилителя, данная цепь имеет следующие недостатки:

- в цепи используются параллельные контуры и при их реализации в диапазонах частот, где необходимо учитывать индуктивности соединительных проводников таких как $L_{\text{ВЫХ}}$, потребуется также учет индуктивностей соединительных проводников для C_2 и C_4 , что сильно усложнит проектирование;

- при настройке цепи на первой гармонике требуется поиск таких величин L_3 , C_4 при которых данные элементы образуют параллельный контур на второй гармонике и совместно с C_5 обеспечивают, требуемое значение $Z(f_0) = R$ на стоке транзистора, что сильно усложняет настройку цепи и ограничивает ее физическую реализуемость;

- количество элементов нагрузочной цепи делает ее довольно громоздкой и должно быть уменьшено.

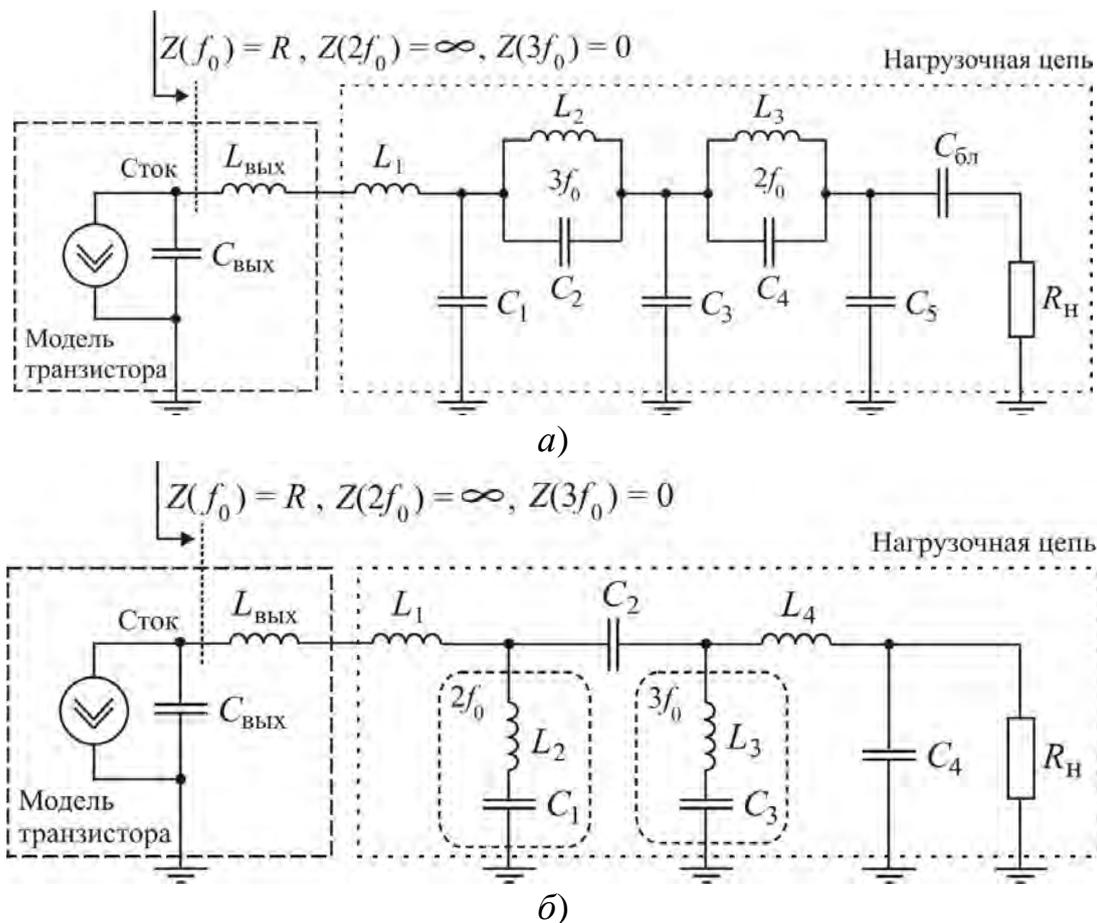


Рис. 1. Эквивалентные схемы инверсных УМ класса F_2^{-1} с ранее предложенной (а) и предлагаемой нагрузочной цепью (б)

В данной работе была предложена нагрузочная цепь (рис. 1 б), которая лишена недостатков характерных для нагрузочной цепи предложенной ранее (рис. 1 а) в [6]. Предложенная нагрузочная цепь не содержит параллельных колебательных контуров. В данной цепи используются последовательные контуры, настроенные на вторую и третью гармоники. Соответственно индуктивности соединительных проводников для C_1 и C_3 , могут быть минимизированы и учтены в L_2 и L_3 . Для получения на стоке транзистора $Z(2f_0) = \infty$ выбирается величина L_1 , которая на второй гармонике совместно с $L_{\text{вых}}$ и $C_{\text{вых}}$ образуют параллельный колебательный контур. На третьей гармонике величина C_2 выбирается такой, чтобы совместно с $L_{\text{вых}}$, L_1 , L_2 и C_1 был образован последовательный колебательный контур и импеданс на стоке транзистора был равен $Z(3f_0) = 0$. Настройка цепи на первой гармонике выполняется за счет выбора величин L_4 , C_4 образующих Г-образную согласующую цепь позволяющую получить на стоке транзистора $Z(f_0) = R$ при заданном значении R_n .

Учитывая, что предложенная нагрузочная цепь по сравнению с нагрузочной цепью предложенной ранее имеет более простую схемную реализацию, проще в настройке и содержит меньшее число элементов, можно ожидать, что данная цепь найдет практическое применение при разработке оконечных каскадов радиопередающих устройств.

Список литературы

1. Colantonio P. High efficiency RF and microwave solid state power amplifiers // P.Colantonio, F.Giannini, E.Limiti. – 2009. – USA, New York.: Wiley. – P.520.
2. Raab F.H. Maximum efficiency and output of class-F power amplifiers // F.H.Raab / IEEE Transactions on microwave theory and techniques. – 2001. – Vol. 49, No.6. – P. 1162-1166.
3. Woo Y.Y. Analysis and experiments for high-efficiency class-F and iverse class-F power amplifiers // Y.Y.Woo, Y.Yang, B.Kim / IEEE Transactions on microwave theory and techniques. – 2006. – Vol. 54, No. 5. – P. 1969-1974.
4. Yefymovych A. Load network for microwave class F amplifier // A.Yefymovych., V.Krizhanovski, V.Kovalenko atc. / Radioelectronics and communications systems. – 2015. Vol 58, No 7. – P. 291-303.
5. Ефимович А.П. Компенсация паразитных элементов транзистора с настройкой импедансов на гармониках в усилителе класса F // А.П.Ефимович, В.Г.Крыжановский / Технология и конструирование в электронной аппаратуре (ТКЭА). – 2014. – №1. – С. 3-10.
6. Beltran R.A. Class-F and inverse class-F power amplifier loading networks design based upon transmission zeros // R.A.Beltran / IEEE MTT-S Int. microwave symposium. 1-6 June 2014. Tampa, Florida, USA. – P. 114-117.

ДЕТЕКТОР РАДИОЗАКЛАДОК

Жинкина А.С.,

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

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
donnu.rector@mail.ru

В настоящее время существует множество каналов утечки информации, основной объем из которых составляют технические каналы. Большую часть из них представляют каналы, получающие информацию, переносимую тем или иным видом промодулированного электромагнитного сигнала. Одним из основных признаков наличия нелегального передатчика являются незарегистрированные радиоизлучения. Поэтому в арсенале средств обеспечения информационной безопасности важное место занимают устройства, предназначенные для обнаружения средств несанкционированной передачи информации за пределы контролируемой зоны по радиоканалу. К числу простейших и востребованных изделий этой группы аппаратуры относятся детекторы электромагнитных излучений. Они являются неотъемлемым инструментом при проведении поисковых мероприятий.

На профессиональном уровне борьба с незаконными методами съема информации ведется достаточно успешно, но является весьма дорогостоящим мероприятием и требует привлечения специалистов и широкого круга технических средств. Поэтому нахождение достаточно простых и относительно дешевых решений проблемы предотвращения утечки информации является весьма актуальной задачей.

Целью данной работы является создание готового устройства для обнаружения средств несанкционированной передачи информации по радиоканалу с характеристиками, не уступающими профессиональному устройству, но при этом отличающееся низкой ценой и простотой конструкции.

Проведенный анализ технической литературы по различным видам детекторов, позволил выбрать перспективную схему детектора с возможностью её дальнейшего усовершенствования.

В ходе модернизации был увеличен энергопотенциал антенны, что позволило повысить чувствительность устройства и увеличить дальность обнаружения, установка фильтров на входе операционного усилителя (ОУ) позволила увеличить помехоустойчивость прибора, а так же в схему добавлен дополнительный (ОУ), который значительно повысил чувствительность детектора.

Данный детектор радиозакладных устройств способен регистрировать излучения в диапазоне частот от 100 до 2000 МГц.

На рисунке 1 представлена усовершенствованная принципиальная схема модернизированного детектора.

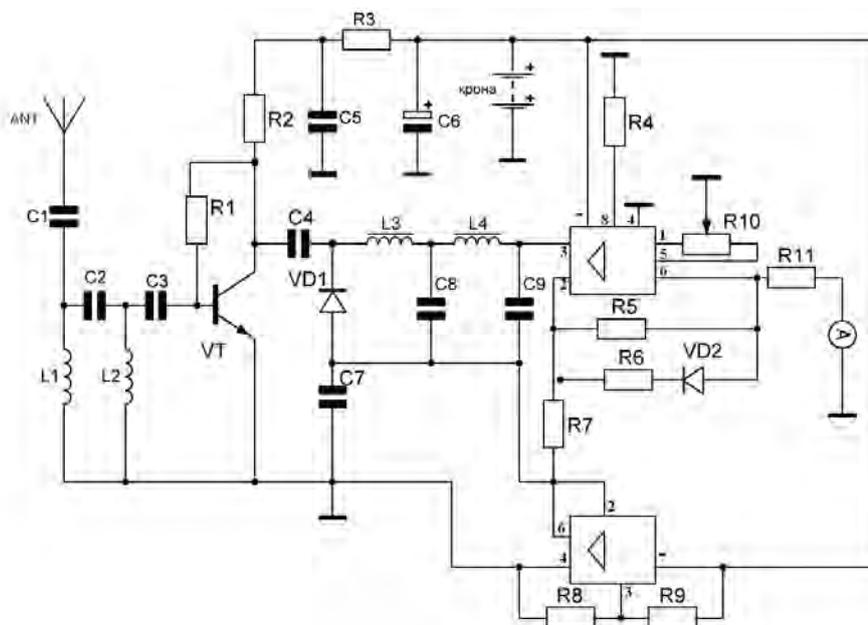


Рис.1. Схема модернизированного детектора радиозакладок

Принципиальная схема данного индикатора радиозакладных устройств представляет собой усилитель постоянного тока на операционном усилителе с каскадом УВЧ (усилитель высокой частоты) и ВЧ (высоко частотным) детектором. На входе УВЧ установлен фильтр высоких частот L1, C2, L2, C3, который необходим для отсеки сигналов с частотой ниже 10 МГц, во избежание ложного реагирования прибора на фон электропроводки и другие помехи. Усилитель ВЧ выполнен по схеме с общим эмиттером, режим выставляется резистором R1 так, чтобы на коллекторе VT1 было напряжение равное половине питания. Через конденсатор C4 сигнал поступает на диодный детектор VD1. Выпрямленный сигнал поступает на вход операционного усилителя. ВЧ фильтры на L3, L4, C6, C7 позволяют убрать ВЧ составляющую сигнала, попадающую на вход ОУ.

Для определения технических характеристик собранного детектора проведены эксперименты по обнаружению радиозакладных устройств и телефона в случае прямой видимости и в случае различных типов преград (деревянные поверхности, пластиковые конструкции). Экспериментально выявлено, что данный детектор способен уверенно обнаружить радиопередающее устройство с расстояния порядка 2х метров.

Таким образом, полученный модернизированный детектор обладает техническими характеристиками не уступающими профессиональному устройству, но при этом отличается низкой ценой и простотой конструкции.

Список литературы

1. Герасименко В.А. Основы защиты информации: учеб. пособие / В.А. Герасименко, А.А.Малюк. – М.: МГИФИ, 2007. – 538 с

КОДИРОВАНИЕ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ МЕТОДОМ АМПЛИТУДНО-ФАЗОВОЙ КОНВЕРСИИ В ОПТИЧЕСКОМ КАНАЛЕ СВЯЗИ

Костенков В.С.,

Кожекина Е.Н.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

vlad.kostenkov2016@yandex.ru

При передаче информации по открытым каналам связи особую важность приобретает проблема ее защиты от несанкционированного доступа. Данная задача может решаться модулированием несущего колебания канала связи по закону амплитудно-фазовой конверсии.

Целью данной работы являются доработка ранее разработанной принципиальной схемы и конструирование опытных образцов кодирующего устройства методом амплитудно-фазовой конверсии в оптическом канале.

Схема приборов была модернизирована. С целью защиты компонентов устройства от перепадов напряжения, в схему были добавлены стабилизирующие конденсаторы на входе в кодере и на выходе из декодера. Улучшены характеристики установок и более качественно подобраны составляющие детали, что привело к стабильности работы устройств и более защищенному обмену речевыми сообщениями. Принципиальные схемы кодера и декодера приведены на рисунке 1.

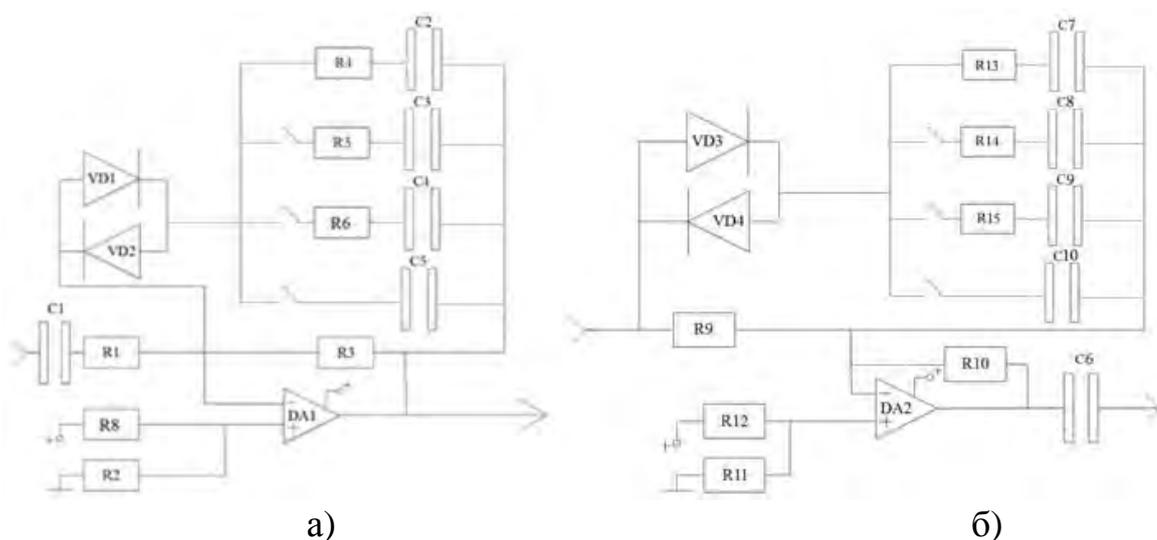


Рис. 1. Принципиальные схемы:
а) кодер; б) декодер

Для проведения испытаний собранных устройств была разработана и использована структурная схема (Рисунок 2) экспериментальной установки, и предложена следующая методика. Генератор частоты подает сигнал частотой от 300 до 8 кГц с шагом 250 Гц. Прибор подключается к системе, изображенной на рисунке 2. На каждом шаге тестируются несколько из 8 возможных настроек каждого из приборов. В случае, если настройки в кодере и декодере не совпадают, то кодированный сигнал декодируется некорректно, и конечное сообщение не будет идентично входному на кодер сообщению.

Расстояние, на котором возможна передача и кодирование речевой информации, зависит от мощности приемо-передающих устройств, в частности, лазера и фотоприемника.

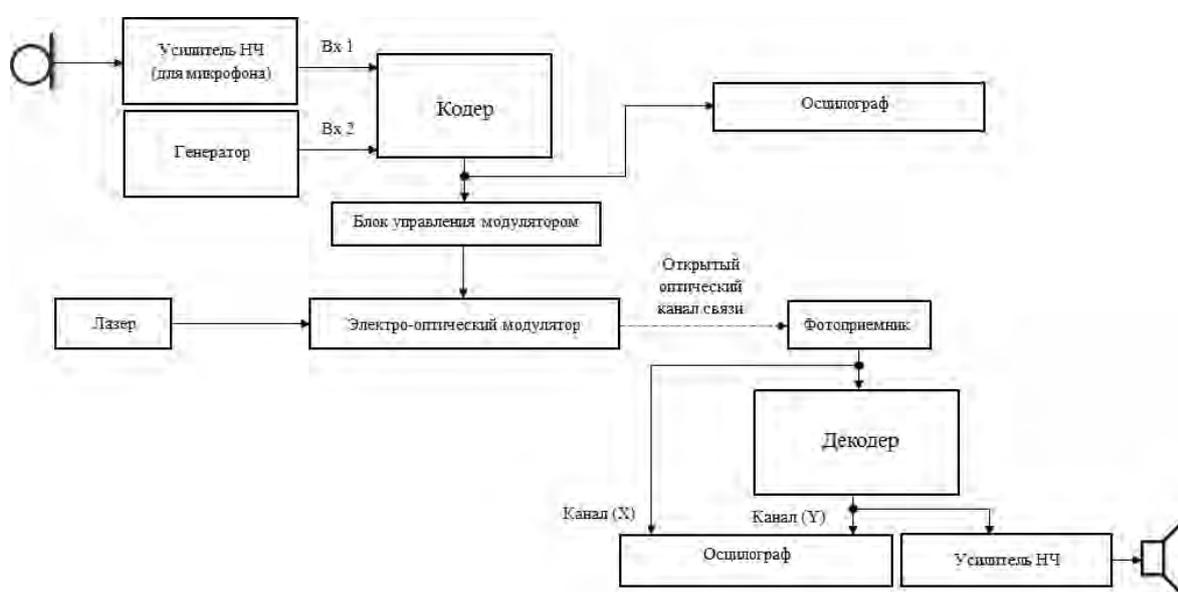


Рис. 2. Структурная схема системы передачи информации в инфракрасном канале связи

Амплитудно-фазовая конверсия не получила более широкого распространения в применении, чем частотно-временная манипуляция, из-за нестабильности работы модуляторов (скремблеров) при различных параметрах входного сигнала в широком диапазоне значений. Однако, сдвиги фазы могут восприниматься как частотные изменения несущей, это влечет за собой потерю передаваемой информации при декодировании, что является преимуществом амплитудно-фазовой модуляции при защите передаваемой информации.

Работа относится к теоретико-исследовательской области и находится на этапе внедрения в лабораторный практикум кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий Донецкого национального университета для демонстрации действия кодирующих устройств, работающих по методу амплитудно-фазовой конверсии. Программы,

результаты работы и устройства внедрены преподавателями в лабораторные практикумы.

В дальнейшем, схему приборов можно модернизировать. Улучшение характеристик установок и более качественный подбор составляющих деталей приведет к стабильности работы устройств и более защищенному обмену речевыми сообщениями.

Выводы.

- Доработаны принципиальные схемы кодирующего и декодирующего устройств в диапазоне частот от 300 до 8 кГц;
- Экспериментальные данные соответствуют результатам программного расчета характеристик устройств в системе MathCAD;
- Устройства работают удовлетворительно в речевом диапазоне частот при различном уровне подаваемого сигнала и различных настройках системы;
- Экспериментальные данные соответствуют результатам моделирования в системе Advanced Design System, что стало возможным за счет соответствующего подбора оптимальных параметров компонентов кодирующего и декодирующего устройств, при которых амплитудно-фазовая модуляция заметно изменяет подаваемый сигнал, а коэффициент гармонических искажений не ниже 10%;
- Исследованы характеристики опытных образцов, результаты которых соответствуют теоретическому расчету с учетом погрешности;
- Доработан механизм кодирования речевых сообщений методом амплитудно-фазовой конверсии в оптическом канале связи, что позволяет организовать защищенный обмен информацией.

Список литературы

1. Лыньков Л.М. Основы защиты информации и управления интеллектуальной собственностью / Л.М.Лыньков, В.Ф.Голиков, Т.В.Борботько. – Минск: БГУИР, 2013. – 243 с.
2. Сидорин Ю.С. Технические средства защиты информации: Учеб. пособие. / Ю.С.Сидорин. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. – 141 с.
3. Зайцев А.П., Шелупанов А.А. Технические средства и методы защиты информации: Учебник для вузов / А.П. Зайцев, А.А. Шелупанов, Р.В. Мещеряков и др.; под ред. А.П. Зайцева и А.А. Шелупанова. – М.: ООО «Издательство Машиностроение», 2009 – 508 с. – ISBN 978-5-94275-454-9.
4. Костенков В.С., Ефимович А.П. Кодирование речевой информации методом амплитудно-фазовой конверсии в оптическом канале связи / В.С.Костенков, А.П.Ефимович // Сборник трудов студенческой научной конференции Физико-технического факультета, 27.04 2017. – Донецк: ДонНУ, 2017. – С. 9.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ШУМОПОДОБНЫХ СИГНАЛОВ

Перепелкин И.Н., Дунаев Р.А.

ГБОУ ВО «Белгородский государственный институт искусств и культуры», г. Белгород
igorperpelkin@yandex.ru

Основой амплитудного метода определения углового положения источников радиоизлучений является дискриминаторная характеристика, которая определяет отклонение приема сигналов от равносигнального направления [1]. Чтобы построить дискриминаторные характеристики не требуется иметь какие-то определенные виды сигналов. Основным требованием является то, что эти сигналы должны быть одинаковыми в равных условиях [2]. При использовании корреляционного метода обнаружения дискриминаторные характеристика строят не по сигналам, поступающих с антенн, а по их корреляционным функциям [3]. Следовательно, в разработанном методе обнаружения дискриминаторные характеристики необходимо строить по результатам измерений не принимаемых сигналов, а измеренных корреляционных функций. При этом структурная схема пеленгатора, например, в угломестной плоскости имеет вид, представленный на рис. 1.

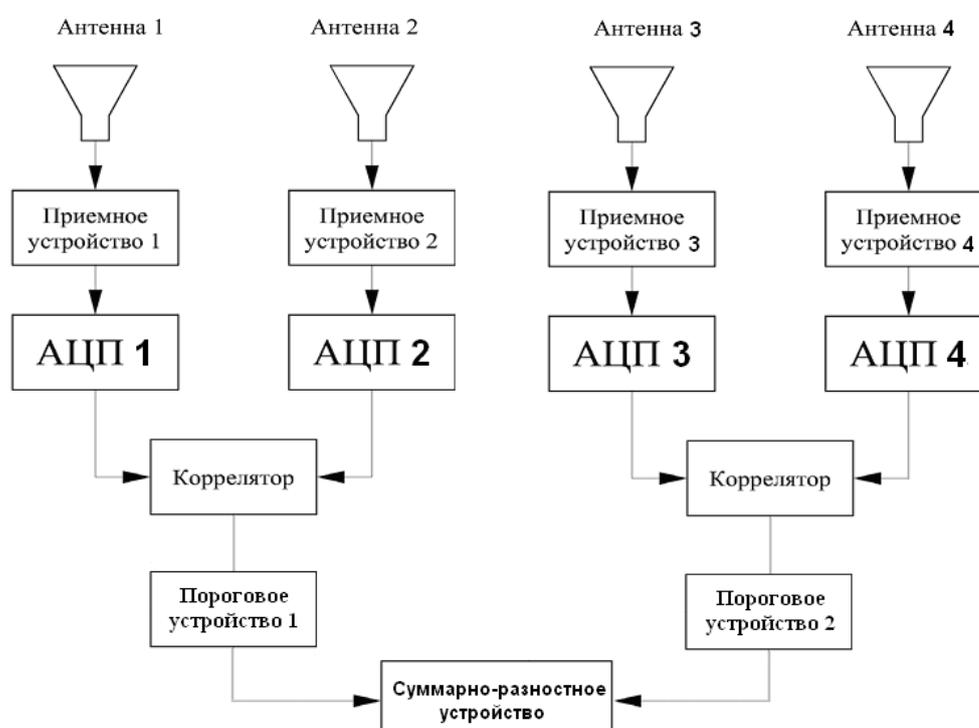


Рис. 1. Амплитудный моноимпульсный пеленгатор шумоподобных сигналов

По сути, амплитудный метод определения углового положения не изменяется, поскольку нет зависимости отклонения от равносигнального направления от способа приема сигнала и первичной его обработки. При создании математической модели амплитудного моноимпульсного метода определения углового положения шумоподобных сигналов в формулах (1) следует вместо комплексных амплитуд напряжений принятых сигналов использовать значения корреляционных функций:

$$\begin{aligned} U_1(I) &= \ln K_{лев} \cdot E_m \cdot F(I_0 + I), \\ U_2(I) &= \ln K_{прав} \cdot E_m \cdot F(I_0 - I), \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} U_1(I) &= \ln \Gamma_{лев} \cdot F(I_0 + I), \\ U_2(I) &= \ln \Gamma_{прав} \cdot F(I_0 - I), \end{aligned} \quad (2)$$

После вычитания получим модель сигнала в следующем виде

$$S(I) = \ln \frac{F(I_0 + I)}{F(I_0 - I)}. \quad (3)$$

При одинаковых приемных каналах и при малых углах Θ получаем

$$\begin{aligned} S(I) &= \ln \frac{F(I_0 + I)}{F(I_0 - I)} = \ln \frac{F(I_0)(1 + \mu I + \dots)}{F(I_0)(1 - \mu I + \dots)} = \ln \frac{1 + \mu I}{1 - \mu I} = \\ &2(\mu I + \frac{\mu^2 I^2}{2} - \frac{\mu^4 I^4}{4} + \dots) = 2\mu I, \end{aligned}$$

где $F(\Theta_0)$ – коэффициент усиления антенной системы в равносигнальном направлении; μ – крутизна рабочего участка диаграммы направленности.

В данном случае амплитудные методы определения углового положения не имеют существенных различий, поскольку результаты определяются диаграммами направленности антенн $F(\Theta)$ и отклонением сигналов от равносигнального направления. Данное отклонение в классическом методе определяется исключительно по результатам сравнения комплексных амплитуд шумоподобных сигналов на выходах антенн. При корреляционном методе – только по корреляционным функциям сигналов. Наличие дополнительных диаграмм направленности по сути дела является эквивалентом создания опорного сигнала. В результате потенциальные точности измерения угловых координат, как и в активных радиолокационных станциях, зависят не от пиковой мощности сигнала, а от его энергии. В результате источники излучения шумоподобных сигналов становятся заметными.

Список литературы

1. Леонов А.И. Моноимпульсная радиолокация // А.И.Леонов, К.И.Фомичев. – 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.
3. Кравцова О.С. Обнаружение и анализ сигналов малозаметных РЛС // О.С.Кравцова, И.Н.Перепелкин, В.М.Терешкои др. / Радиолокация, навигация, связь (RLNC*2007): сб. докл. XIII междунар. научн.-тех. конф.– Воронеж, 2007, – Т.2. – С. 1667-1676.

ФУНКЦИИ СЛОЖНОСТИ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ХАРАКТЕРНЫХ УЧАСТКОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КРИВЫХ

*Третьяков И.А., Шалаев А.В.,
Данилов В.В.*, д-р техн. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
es75i@mail.ru

При проведении исследований различных физических явлений, например, в информационных технологиях, возникает необходимость анализа экспериментальных кривых, имеющая своей целью косвенное изучение последовательностей событий, локализованных во времени и недоступных для непосредственного наблюдения физических явлений. Таким образом исследуют, например, результаты каротажа в геофизике, электрокардиограммы в медицине, спектры колебаний молекул в спектроскопии и т.д.

Формой представления информации, содержащейся в таких кривых, является последовательность символов, каждый из которых соответствует определенному типу характерных участков кривой. Сокращенное описание такой кривой в виде последовательности символов, восстанавливающей последовательность элементарных событий в исходном процессе, фактически представляет собой фразу некоторого языка. Такая методика обработки экспериментальной кривой с целью извлечения информации о структуре изучаемого процесса получила название лингвистического подхода к анализу экспериментальных кривых [1,2], в котором выделяется последовательность реализации трех основных этапов обработки кривой:

- выделения и распознавания характерных участков;
- присвоения выделенным участкам символов некоторого алфавита, соответствующих определенным типам поведения кривой;
- анализа полученных последовательностей символов.

Из этих трех основных этапов наиболее специфичен этап выделения и распознавания участков, которые можно интерпретировать как «элементарные события». Такой этап получил название сегментация [3].

В работе [4] вводится специальная функция, которая оценивает степень «изменчивости и сложности» участков кривой. В настоящей работе предлагается несколько видов функции, оценивающей «сложность» участков экспериментальных кривых.

В зависимости от выбора функции сложности (ФС), сложные участки могут быть локальными экстремумами или участками, которые являются "более сложными", чем граничащие с ними. Учитывая сказанное, методика сегментации для обработки экспериментальной кривой, должна содержать следующее:

-делим экспериментальную кривую $f(t)$ на ряд элементарных участков $\omega_j, j=1, \dots, N$ одинаковой длины l , которые следуют с определенным шагом Δ вдоль оси изменения аргумента (рис.1) (шаг Δ может быть равен или меньше, чем l);

-выбираем определенную функцию сложности $\phi(f, \omega)$, при этом каждый элементарный участок ω_j связан с реальной величиной в виде $\phi_j = \phi(\omega_j)$;

-выделяем сложные участки, т.е. участки с локально экстремальными значениями ϕ_j (максимальным или минимальным, в зависимости от выбранной функции сложности).

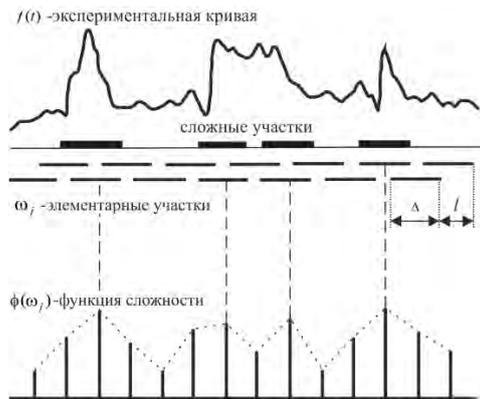


Рис. 1

Таким образом, предложен ряд наборов функций сложности, каждая из которых использует некоторый определенный набор признаков формы кривой. Все они необходимы для сегментации экспериментальных кривых, состоящих из регулярных участков.

Функция сложности для идентификации участков кривой, наиболее отличающиеся от граничащих:

$$\phi(\omega_j) = (x^j, g^j).$$

Функции сложности для определения качества аппроксимации кривой:

$$\phi(\omega_j) = \sqrt{\sum_{s=1}^l \left(f_s^j - \sum_{i=1}^n c_{ij} \psi_s^j \right)^2} \text{ и } \phi(\omega_j) = \min_c \sum_{s=n+1}^l \left(f_s^j - c_0 - \sum_{i=1}^n c_j f_{s-i}^j \right)^2.$$

Функции сложности для определения экстраполяционных свойств кривой:

$$\phi(\omega_j) = \min(k_\tau, k_l) \text{ и } \phi(\omega_j) = t_0(\omega_j).$$

Список литературы

1. Моттль В.В. Лингвистический анализ экспериментальных кривых / В.В. Моттль, И.Б.Мучник // ТИИЭР. – 1979. – Т.69. – №5. -С. 12-39.
2. Pavlidis T. "Linguistic Analysis of Waveforms", Software Engineering, J.T. Tou (Ed.), Vol.2., N.Y., Academic Press, 1971, pp. 203-225.
3. Моттль В.В. Оптимальная сегментация экспериментальных кривых / В.В. Моттль, И.Б.Мучник, В.Г. Яковлев // АиТ. -1983. – № 8. -С. 83-94.
4. И. Б. Мучник Моделирование процесса формирования языка для описания и анализа формы изображений / И.Б. Мучник // Автомат. и телемех. -1971. – № 8. -С. 61-70.

УДК: 53(075.3)

МОДУЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК СРЕДСТВО САМОПОДГОТОВКИ И САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ПО РАЗДЕЛУ «ЭЛЕКТРОСТАТИКА»

Дыдалева Н.В.

Шолох В.Г., канд. физ.-мат. наук, доц.,
УО «ГГУ им. Ф. Скорины»
sholoh@gsu.by

При рассмотрении основных приемов и методов обучения, применяемых учителями на уроках физики (особенно инновационных) становится очевидным, что все они направлены в первую очередь на развитие и поддержание интереса учащихся к изучаемой области знания и активизацию их учебной деятельности.

Современный образовательный процесс должен соответствовать потенциальным возможностям и индивидуальным запросам каждого ученика. При этом необходимо создать условия для максимальной самореализации учащегося, а также способствовать формированию его индивидуальных запросов, вовлекать учащегося в активную деятельность, ориентированную на личностное развитие. Сложившаяся ситуация побуждает преподавателей искать новые методы и средства обучения.

Одним из интерактивных методов обучения является модульное обучение, представляющее собой способ организации учебного процесса на основе блочно-модульного представления учебной информации [1].

Модульное обучение позволяет не только представить излагаемый материал в более компактной форме, но и позволяет разработать программу самоконтроля.

Таким образом, для решения сложившейся проблемы автором с использованием приемов модульного обучения разработана методика решения задач по разделу «Электростатика» и системы самоконтроля знаний учащихся десятого класса. Весь учебный материал раздела представлен в виде трёх модулей, логически связанных между собой. Для каждого модуля составлено методическое пособие, включающее опорный конспект, пример решения задачи с подробным анализом, и условия задач, предназначенных для самоконтроля знаний. Предлагаемые задачи подобраны с учетом индивидуальной подготовленности учащихся и разделены на три уровня сложности с соответствующей разбалловкой.

В данной работе представлена в качестве примера разработанная автором методика модульного обучения в рамках первого модуля [2].

В этот модуль включены следующие темы:

– Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда;

- Взаимодействие точечных зарядов. Закон Кулона;
- Электростатическое поле. Напряженность электростатического поля;
- Поле точечного заряда. Графическое изображение электростатического поля. Принцип суперпозиции.

После краткого опорного конспекта в пособии рекомендована следующая логическая схема рассуждений при решении задач:

1. Понять предложенную задачу (увидеть физическую модель).
2. Проанализировать (построить математическую модель явления, изобразить рисунок):
 - 2.1 Указать направление сил, действующие на точечный заряд, помещенный в электрическое поле, и записать для него уравнение равновесия или основное уравнение динамики материальной точки.
 - 2.2 Выразить силы электрического взаимодействия через заряды и поля.
 - 2.3 Если при взаимодействии заряженных тел между ними происходит перераспределение зарядов, к составленному уравнению добавляют уравнение закона сохранения зарядов.
 - 2.4 Записать математически все вспомогательные условия.
- 3 Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
- 4 Решение проверить и оценить критически.

В пособии проиллюстрировано использование этой логической цепочки на примере решения конкретной задачи.

Условие: Два маленьких шарика, каждый массой m , подвешены на длинных шелковых нитях длиной l . После электризации одинаковыми зарядами они разошлись на расстоянии r . Чему равны заряды, сообщенные шарикам?

Решение:

Поскольку шарики одинаковы, то на каждый шарик действуют одинаковые силы: сила тяжести $m\vec{g}$, сила натяжения нити \vec{T} и сила кулоновского взаимодействия (отталкивания) \vec{F} .

$$F = k \frac{q^2}{r^2}. \quad (1)$$

Построим рисунок в соответствии с условием задачи. Поскольку каждый шарик находится в равновесии, сумма всех сил, действующих на него, равна нулю:

$$\vec{F} + m\vec{g} + \vec{T} = \mathbf{0} \quad (2)$$

Условие, приведенное в уравнении (1), можно записать для проекций сил на оси OX и OY :

$$T \sin \alpha - F = 0, \quad (3)$$

$$T \cos \alpha - mg = 0. \quad (4)$$

Решим совместно уравнения (3), (4). Разделив равенство (3) почленно на равенство (4), получим:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F}{mg}. \quad (5)$$

С другой стороны, из геометрических соображений и с учетом того, что угол α мал, можно записать

$$\operatorname{tg} \alpha = \sin \alpha = \frac{r}{2l}. \quad (6)$$

Дано:

m

l

r

$q - ?$

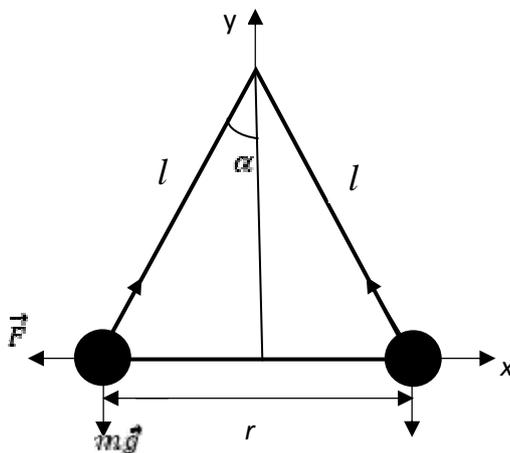


Рис. 1. Иллюстрация к решению

Тогда приравнявая правые части выражений(5) и (6),получим

$$\frac{r}{2l} = \frac{F}{mg} \quad (7)$$

Подставим (1) в (7) и получим выражение,

$$\frac{r}{2l} = k \frac{q^2}{mgr^2}, \quad (8)$$

из которого выразим заряд, сообщенный шарикам

$$q = \sqrt{\frac{r^3 mg}{2lk}}.$$

Ответ: $q = \sqrt{\frac{r^3 mg}{2lk}}.$

Далее в пособии приводятся три варианта задач различного уровня сложности для самостоятельного решения.

Таким образом, использование модульного обучения дает возможность каждому ученику:

- самостоятельного усвоения знаний в более обобщенной форме (в рамках каждого модуля);
- выбора организационных форм учебной деятельности (выбор темпа, времени и объема изучаемого материала);
- выбора уровня сложности контрольных заданий.

Список литературы

1. Бугаев, А.И. Методика преподавания физики в средней школе / А.И. Бугаев – М.: Просвещение, 1981. – 288 с.
2. Громько, Е. В. Физика: учебное пособие для 10-го кл. учреждений общ.сред. образования с рус. яз. обучения/ Е. В. Громько, В. И. Зенькович, А. А. Луцевич, И. Э. Слесарь – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2013. – 272 с.

УДК 373.5.016

ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ КАК СРЕДСТВО УСТРАНЕНИЯ ТРУДНОСТЕЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВЕКТОРНЫХ ВЕЛИЧИН В ФИЗИКЕ

Казакова М.А.,

Шолох В.Г., канд. физ.-мат. наук, доц.,

УО «Гомельский Государственный университет им. Ф. Скорины»,

mail@gsu.by

Интерактивные методы обучения основываются на следующих схемах взаимодействия: «учитель ↔ ученик» и «ученик ↔ ученик». То есть теперь не только учитель привлекает детей к процессу обучения, но и сами учащиеся, взаимодействуя друг с другом, влияют на мотивацию каждого ученика. Учитель выполняет функции помощника. Его задача – создать обучающую среду, нацеленную на более глубокое усвоение учебного материала в процессе взаимодействия.

Основные задачи интерактивного обучения можно сформулировать следующим образом [1]:

- Научить самостоятельному поиску, анализу информации и выработке правильного решения поставленной проблемы.
- Научить работе в команде: уважать чужое мнение, проявлять толерантность к другой точке зрения.
- Научить формировать собственное мнение, опирающееся на определенные факты.

Комплексное планирование учебно-воспитательных задач – это начальный этап руководства процессом обучения. Им предполагается выделение образовательных, развивающих и воспитательных задач и установление между ними органической взаимосвязи [2].

Применение интерактивных методов позволяет повысить эффективность обучения физике и обеспечить уровень знаний и умений учащихся, соответствующий требованиям современного общества.

Таким образом, существует необходимость внедрения интерактивных методов в процесс обучения физике.

Автором в ходе педагогической работы выявлены существенные затруднения учащихся в восприятии вопросов, важных для усвоения учебного материала по всему курсу физики. Нами поставлена цель применения интерактивных методов обучения в школе, в частности в

процессе изучения раздела «Механика» на разных этапах – в седьмом, девятом и одиннадцатом классах. Необходимо разработать методику и определить основные пути её реализации при обучении механике.

Для достижения поставленной цели на разных этапах исследования необходимо решение следующих задач:

- изучение и анализ опыта работы учителей, использующих как традиционные, так и интерактивные методы;
- анализ особенностей возрастной психологии и методов интерактивного обучения;
- выявление проблемных вопросов при изучении раздела «Механика»;
- разработка и внедрение в учебный процесс общеобразовательной школы научно обоснованной методики обучения механике с применением интерактивных методов.

В седьмом классе учащиеся приступают к изучению физики с раздела «Механика», который является базовым для дальнейшего усвоения физики в средней школе. Очень важно достичь глубоких знаний учащихся именно на этом этапе обучения. Это обусловлено следующими обстоятельствами:

- на основе понятий и законов механики строится изложение остальных разделов физики (например, некоторые понятия механики необходимы для объяснения теплового движения);
- модели, которые используются при изучении любого явления в механике, наглядны, не требуют высокой степени абстрагирования и доступны каждому ученику;
- многие понятия раздела знакомы учащимся из жизни и необходимо их научное истолкование;

В ходе исследования эффективности усвоения учебного материала был выявлен ряд трудностей, возникающих при изучении раздела «Механика».

В частности, рассмотрим проблемы в усвоении учащимися таких понятий как направление и векторная величина. Учитывая возраст учащихся на разных этапах изучения данной темы необходимо подобрать интерактивные методы обучения, нацеленные на интересное и доступное для учащихся представление материала, что обеспечивает более глубокое его понимание.

Трудности возникают в связи с тем, что школьной программой по математике не предусмотрено изучение темы «Векторные величины». Поэтому на уроках физики необходимо сформировать у учащихся представления и понятия, связанные с векторными величинами. В седьмом классе рассматриваются эти вопросы в рамках темы «Силы». Учитывая психологические особенности учащихся, необходимо использовать игровые и наглядные методы, обучение в форме обсуждения изучаемых вопросов, мозговую атаку и другие интерактивные методы [3].

Для иллюстрации изучаемых явлений в качестве наглядных примеров используются как натурные образцы, так и средства мультимедиа (слайды, анимации, видеоролики). При этом у учащихся пробуждается интерес к изучаемому материалу, достигается концентрация их внимания.

При использовании «мозгового штурма» стимулируется творческая активность учащихся, создаются условия для синергического эффекта (слияние учебных действий учащихся в единую систему, что приводит к «качественному умножению» знаний), устанавливается дружественная атмосфера, что позволяет учащимся преодолеть психологический барьер, научиться высказывать свои мысли, формулировать идеи [4].

В девятом классе на этих понятиях базируется изучение следующих вопросов: «Векторные и скалярные величины», «Действия над векторами», «Сложение скоростей», «Сложение сил» и другие. На этом этапе необходимо выработать у учащихся навыки абстрагирования и моделирования конкретных явлений. Наиболее эффективно для достижения поставленных целей использование поисковых методов, образовательных экспедиций, тренингов, практических заданий. Организация и проведение образовательных экспедиций позволяет учащимся пронаблюдать, «прожить» изучаемую физическую ситуацию и получить более глубокие знания о ней. При использовании тренингов учащиеся получают недостающую информацию, вырабатывают устойчивость к давлению сверстников. Использование таких интерактивных методов дает возможность учащимся научиться работать как самостоятельно, так и в группах, развивать навык слушать и взаимодействовать с другими группами.

Применение таких методов обучения на данном этапе помогает развить интерес учащихся к предмету, способность видеть проявление законов физики в окружающей действительности.

Следует отметить важность решения поставленных задач, поскольку при дальнейшем изучении механики в старших классах не устранённые пробелы в знаниях остаются и многократно увеличиваются. Например, не усвоив понятий «векторная величина» и «направление», учащиеся не смогут понять сущность физических явлений, изучаемых в разделах физики «Электричество и магнетизм», «Молекулярная физика» и др.

Список литературы

1. Pedsovet.su Сообщество взаимопомощи учителей [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://pedsovet.su/metodika/5996_aktivnye_interaktivnye_metody_obucheniya – Дата доступа: 19.09.2017.
2. Бабанский, Ю.К. Оптимизация педагогического процесса (в вопросах и ответах) / Ю.К. Бабанский, М.М. Поташник. – Киев: «Радянська школа», 1994. – 198 с.
3. Интерактивные методы, формы и средства обучения (методические рекомендации). Ростовский юридический институт. – Ростов-на-Дону, 2013. – 49 с.
4. Ваганова, Н.А. Изучение особенностей проявления творческого потенциала школьников // Н.А. Ваганова / Одаренный ребенок. – 2008. – № 5 (сентябрь-октябрь). – С. 36-44.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯЗЫКА SCRATCH ДЛЯ ОЖИВЛЕНИЯ УРОКА ФИЗИКИ

Корнеева М.А.,

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

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

korneeva.korneeva-marina88@yandex.ru

В современном мире языки программирования доступны даже детям. Один из таких – Scratch [1]. Разработан он американцем Митчелом Резником как визуальная объектно-ориентированная среда программирования для обучения школьников младших и средних классов. Изучение Scratch может проходить в игровой форме. Scratch развивает логическое и критическое мышление, воображение, дети учатся решать разноплановые задачи, дает новые возможности для самовыражения и творчества. Наглядность воздействует на подрастающее поколение значительно лучше, чем «неподвижные» картинки в школьных учебниках. Сконструировать, а затем трансформировать виртуальное окружение по собственному усмотрению, превращаясь из пассивного наблюдателя в «творца», – один из решительных шагов навстречу качественно новым методам обучения.

Язык Scratch позволяет легко создавать фильмы, игры, анимированные открытки и презентации; придумывать и реализовывать различные объекты, определять их вид в разных условиях, перемещать по экрану, устанавливать способы взаимодействия между объектами [2]. Дети могут сочинять истории, рисовать и оживлять на экране придуманных ими персонажей, учиться работать с графикой и звуком. Важно для ребенка и возможность поделиться результатами своего творчества с друзьями или другими пользователями: кнопка для размещения созданного проекта в Сети находится непосредственно в программе. Также в интернете можно найти множество готовых примеров и различных идей для создания своих проектов [3].

Принцип языка программирования на стартовом уровне заключается в моделировании окружающего мира [4]. Виртуальная среда позволяет учащимся создавать множество сценариев, базирующихся на анимации и дизайнерских решениях. Процесс программирования не представляет собой ничего сложного: ученик перемещает разноцветные блоки, состыкует их друг с другом, разъединяет и, таким образом, формирует проект, создает анимации, добавляет сопровождающий текст и аудио-сопровождения [5]. Освоить азы инструментального набора способны даже семилетние дети. При внешней простоте Scratch остается полноценным языком программирования.

Отметим также существование модификаций Scratch для Arduino [8, 9] и RaspberryPi [10], предназначенных для изучения азов электроники и робототехники.

Визуальная ориентированность языка Scratch делает его удобным инструментом для учителя физики. Создание ярких демонстраций, анимаций, мини-игр и викторин, улучшает восприятие нового материала и повышает интерес к изучению физики [6].

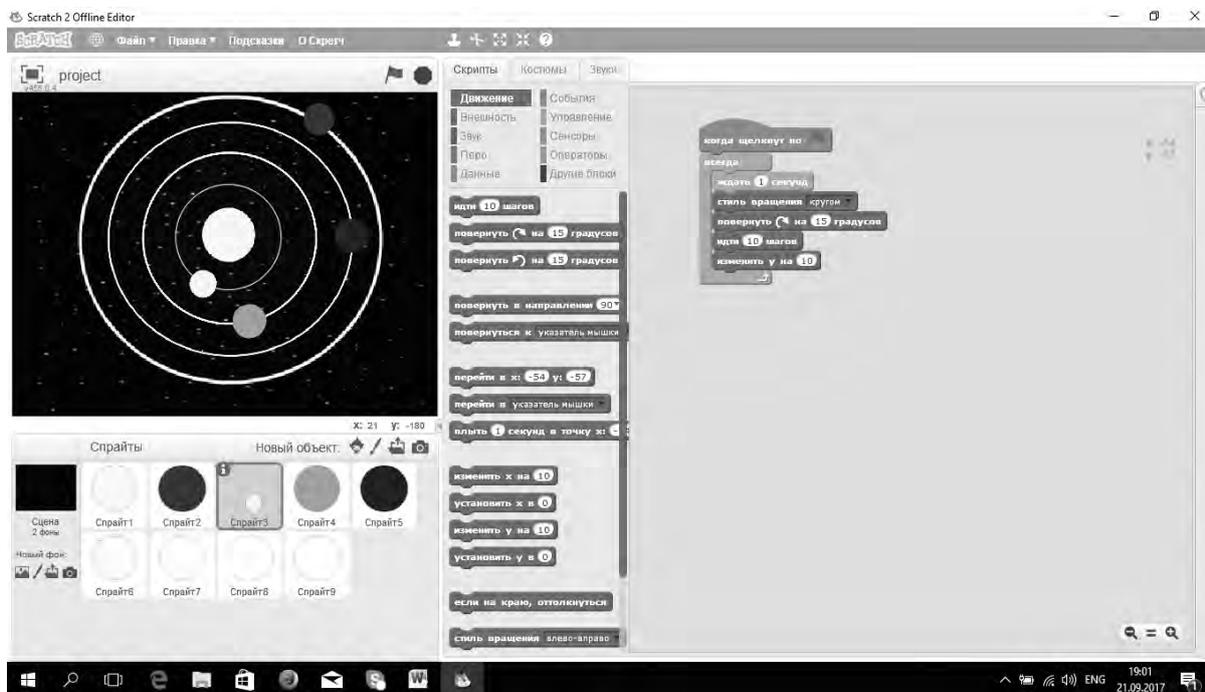


Рис. 1. Солнечная система в миниатюре

Приведем в качестве примера несколько проектов, выполненных в программе Scratch. Первый пример заключается в создании наглядной модели солнечной системы [7] (рис.1). В первую очередь нам необходимо добавить в проект девять спрайтов планет и Солнца и определить орбиты (траектории движения) планет. Простой и понятный код завершает реализацию задачи, запуская простую анимацию. Созданный пример может использоваться как при рассмотрении кинематики движения по окружности, так и при изучении закона всемирного тяготения.

Рассмотрим сценарий типичного мини-мультфильма для наглядной демонстрации физических законов на примере темы «закон сохранения импульса». Вначале идет вводная сцена, определяется понятие импульса, формулируется закон сохранения импульса. Следующая сцена демонстрирует выполнение закона сохранения импульса на примере столкновения двух машинок (рис.2). Сцена демонстрирует движение машинок до и после столкновения.

Таким образом, использования языка Scratch позволяет оживить урок физики, улучшить восприятие и понимание материала.

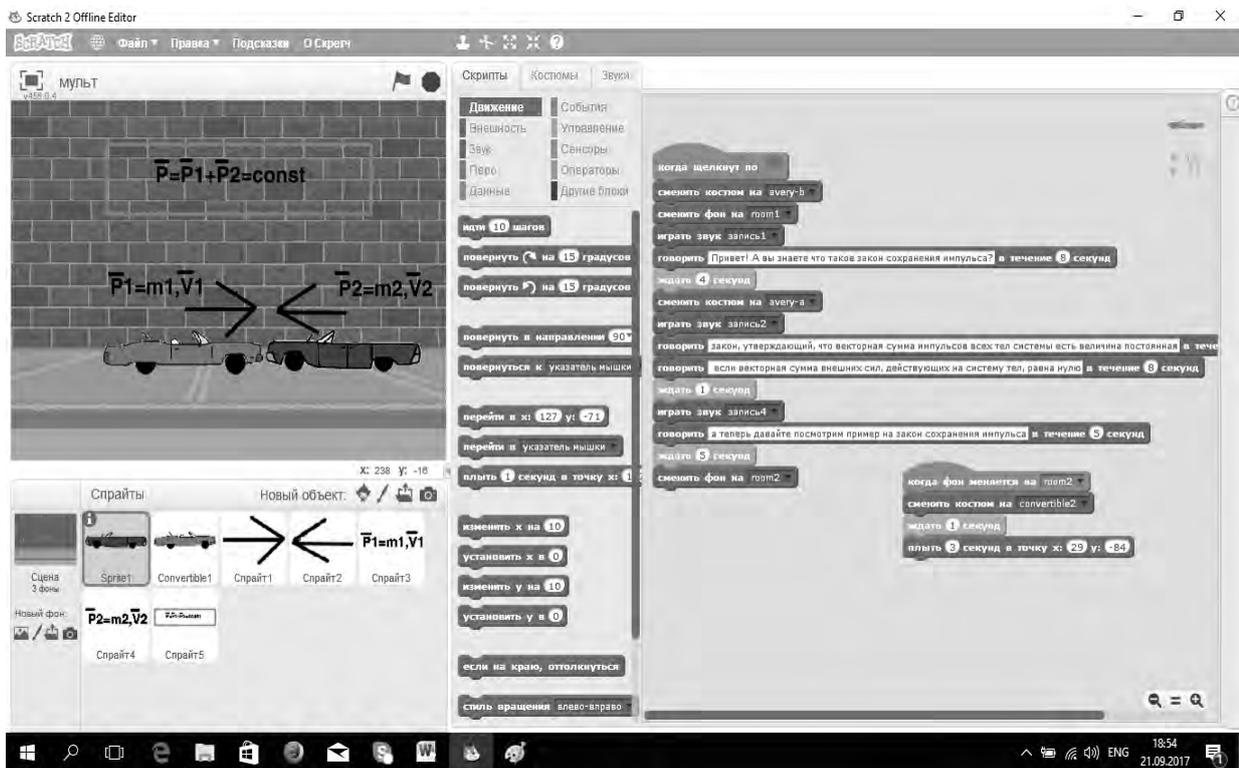


Рис. 2. Демонстрация закона сохранения импульса

Список литературы

1. Сайт языка Scratch. URL: <https://scratch.mit.edu/>.
2. Гребнев В.Б. Программируем в среде Scratch. Курс для обучающихся 4-х классов по программированию // В.Б. Гребнев. – Старый Оскол, 2012. – 19 с. (http://гребнев.рф/wp-content/uploads/2012/02/Grebnev_scratch_2012.pdf).
3. Статья на тему: «Как учат программированию школьников разных стран». URL: <http://smartsourcing.ru/blogs/kurilka/2675>.
4. Книга юных программистов на Scratch // Голиков Денис, Голиков Артём. –2013.
5. <http://diplomba.ru/work/104566> Курсовая работа Методика по преподаванию раздела "Программирование в среде Scratch" учащимся начальной школы.
6. <http://studbooks.net/2006897/pedagogika/zaklyuchenie> Методика преподавания темы "Программирование в среде Scratch" учащимся начальной школы.
7. https://www.youtube.com/watch?v=SRibjLJ_VzQ Видео – пример программирования Солнечной системы.
8. [http://s4a.cat/Модификация Scratch для Arduino](http://s4a.cat/Модификация_Scratch_для_Arduino).
9. ScratchforArduino делает программирование под Arduino более наглядным / <https://geektimes.ru/post/255806/>
10. <https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/scratch/> Язык Scratch является одним из встроенных языков операционной системы Raspbian для семейства микрокомпьютеров Raspberry Pi.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ЛЕКЦИОННЫМ ДЕМОНСТРАЦИЯМ ПО ФИЗИКЕ

Ларионов Д.И., Губский В.И.,

Бешевли Б.И., канд. техн. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

donnukf@mail.ru

Изложение курса «Физика» должно сопровождаться лекционными демонстрациями. Это связано с тем, что физика, являясь экспериментальной наукой, при теоретическом объяснении физических явлений и законов требует их наглядной демонстрации. Наблюдая на лекции то или иное явление, учащийся получает правильные представления о течении процесса. Проблема заключается в не системном подходе в современных лекционных демонстрациях.

В работе системный подход к лекционным демонстрациям есть комплекс взаимосвязанных элементов. То есть целей, функций и устройств лекционной демонстрации. Сама же успешность восприятия лекционного эксперимента зависит от грамотного использования лектором методики и техники лекционной демонстрации.

Несмотря на увеличение количества научных работ в области школьного физического эксперимента (ШФЭ) в последнее время существенных улучшений его использования в учебном процессе не происходит. Мало того, наметилась тенденция, когда сокращаются количество физических наблюдений и опытов, что приводит к формализации в изучении физики, потере интереса учащимися к предмету, к снижению их познавательной деятельности. [1]

К тому же, в научной литературе на данную тематику акцентируется внимание на технику эксперимента, но при этом мало уделяется внимания рассмотрению вопроса методики проведения лекционных демонстраций. См. Малов Н.Н. Физический эксперимент – способ развития творческого мышления / Н.Н. Малов, Г.Я. Мякишев // Физика в школе. – 2006 – №5 / Власова К.Н. // Управление деятельностью школьника при выполнении эксперимента / К.Н. Власова // Физика в школе. – 2006 – №1.

Изменение социально-экономической ситуации в стране приводит к необходимости поиска и использования возможно менее затратных педагогических технологий. В применении к лекционному эксперименту это означало широкое использование компьютерного моделирования, постепенную замену парка стареющего демонстрационного оборудования компьютерными программами, частичное вытеснение натурального эксперимента модельным. Известно большое число вариантов реализации подобных компьютерных демонстраций, выполненных в разное время в

различных вузах России. Они не отличаются систематичностью подхода к методике показа и к отбору необходимых для реализации экспериментов, соответствуя, как правило, областям узкой профессиональной специализации разработчиков.

Помимо очевидной опасности подмены наблюдения реального физического явления изучением поведения его модели, на этом пути развития есть немало «подводных камней». Кроме чисто методических возражений, это не вполне корректно с методологической точки зрения: ведь только натурный физический эксперимент — источник познания объективного мира.

В настоящее время через Интернет доступно большое количество материалов, посвященных современным фундаментальным и прикладным исследованиям в области физики. Но к их использованию на лекциях по общей физике следует относиться весьма осторожно и взвешенно, т.к. ни одна видео демонстрация, как бы идеально она не была бы выполнена, не может заменить реальный эксперимент.

Следует согласиться с Грабовским М.А. и Млодзеевским А.Б, что сама демонстрация в физике не есть дополнение к словесному изложению материала, а является его неотъемлемой, органической частью. [2]

В работе приведены пример что из себя представляет системный подход к лекционным демонстрациям. Рассмотрены и представлены натурные качественные демонстрации.

Список литературы

1. Юрк О.Д. Лекционные демонстрации по физике // О.Д.Юрк. – Оренбург: ИП Осиночкин Я.В., 2011.
2. Лекционные демонстрации по физике // М.А.Грабовский, А.Б.Млодзеевский, Р.В.Телеснины др. – 2-е изд., перераб. – М.: 1972.
3. Алешкевич В.А. Современный лекционный эксперимент. // Физика в системе современного образования // В.А.Алешкевич, Н.А.Сухарева / Тезисы докладов международной конференции 26-30 июня 1995 г. – Петрозаводск, 1995.
4. Беженцев М.В. Техника и методика лекционного эксперимента по курсу физики // М.В. Беженцев. – М., Л.: ОНТИ, 1938.
5. Даминов Р.В. Разработка методики оценки эффективности физического демонстрационного эксперимента // Р.В.Даминов / Автореферат дисс... канд. пед. наук. – М., 1991.
6. Прикладные исследования в области физики. Роль физики в инженерном образовании: <http://cyberleninka.ru>
7. Алешкевич В.А., Современный лекционный эксперимент // В.А.Алешкевич, Н.А.Сухарева / Физика в системе современного образования. Тезисы докладов международной конференции 26-30 июня 1995 г. — Петрозаводск, 1995. – С. 34-35.
8. Сабирова Ф.М. Методическое пособие по курсу общей физики механика // Сабирова Ф.М., Акулинина А.В. – М.: 2001.
9. Гирке Р. Эксперимент по курсу элементарной физики // Р. Гирке, Г.Шпрокхофа. – М., 1980.
10. Беженцев М.В. Техника и методика лекционного эксперимента по курсу физики // М.В.Беженцев. – М., Л., ОНТИ, 1938.
11. Кроитор Д.С. Лекционные демонстрации по физике // Д.С.Кроитор. – Кишинев, Лумина, 1974.
12. Использование физического эксперимента и ЭВМ в учебном процессе: Сборник научных трудов. — Свердловск, Свердл. пед. ин-т, 1987.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ РАЗМЕРНОСТИ К РЕШЕНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Сватуха О.А.,

Шитов А.А., канд. физ.-мат. наук, доц.

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства

и архитектуры», г. Макеевка

shitov@mail.ru

При решении различных задач общая информация о свойствах решения может быть получена с помощью подхода, основанного на теории размерности и подобия, которая играет важную роль при моделировании различных физических процессов. При пользовании метода размерностей, наличие уравнений, описывающих процесс, не обязательно, достаточно иметь перечень величин, существенных для изучаемого процесса [1-4].

Найдем зависимость пути, проходимого материальной точкой, движущейся с ускорением a , от a и времени t .

Имеем: $[a] = \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$; $[t] = \text{с}$; $[S] = \text{м}$.

Ищем зависимость вида

$S = \varphi(a, t)$ или $S \cdot a^\alpha \cdot t^\beta = \text{const}$.

Имеем три физические величины S , a , t , размерности которых выражаются через две основные единицы м и с , следовательно, искомая закономерность единственна.

$$\text{м} \cdot \text{м}^a \cdot \text{с}^{-2a} \cdot \text{с}^\beta = \text{const} = \text{м}^0 \cdot \text{с}^0$$

Или

$$\begin{cases} 1 + \alpha = 0 \\ \beta - 2\alpha = 0 \end{cases} \quad \alpha = -1, \beta = -2$$

Искомая зависимость имеет вид: $S = \text{const} \cdot a \cdot t^2$. Из эксперимента можно получить, что $\text{const} = 1/2$. И получаем $S = a t^2 / 2$.

Все результаты, которые добываются с помощью теории размерности, получаются всегда очень просто, элементарно и почти без всякого труда. Тем не менее, применение методов теории размерности и подобия к новым задачам требует от исследователя известного опыта и проникновения в сущность изучаемых явлений.

Список литературы

1. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике // Л.И. Седов. – М.: Наука, 1977. – 440 с.
2. Черняк В.Г. Механика сплошных сред: Учеб. пособ.: Для вузов // В.Г.Черняк, П.Е.Суетин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 352 с.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики: в 5-ти томах // Д.В.Сивухин. – Т. 1 – Механика. – М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2005. – 560 с.
4. Григорьев А.И. Метод размерностей. Задачник // А.И.Григорьев, В.А.Коромыслов, В.А.Папорков и др. – Ярославль: ЯрГУ, 2007. – 80 с.

СОЗДАНИЕ КОРОТКОМЕТРАЖНОГО МУЛЬТФИЛЬМА К РАЗДЕЛУ «МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА»

*Чебанова В.А.,
Бондарь Е.Д..*

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
Chebanowa2015@yandex.ru

Современные средства мультимедиа: изображение, анимация, аудио и видеоматериалы позволяют значительно упростить и в то же время сделать гораздо более эффективным процесс обучения. Ту информацию, которую раньше традиционно иллюстрировали статичной графикой, можно сопровождать видеофрагментами. Для лучшего запоминания и закрепления полученных знаний можно на определенных этапах урока использовать просмотр короткометражных мультфильмов.

Особенно эффективна анимация в создании материалов для школьных дисциплин естественнонаучного цикла: детям интересно видеть процессы в динамике. Восприятие информации с помощью таких методов помогает получить более глубокие впечатления и управлять вниманием аудитории, создает стимулы к обучению.

У некоторых учителей есть свои разработки визуализированных уроков. Создание анимации для таких уроков очень трудоемкий и длительный процесс. Поэтому нашей задачей является создание в помощь учителю короткометражного мультфильма к разделу «Молекулярная физика» на тему «Тепловые явления», рассчитанного на учеников 8 класса.

Сам процесс создания анимации не столь сложен, как может показаться на первый взгляд. Часто достаточно приготовить всего лишь несколько последовательных кадров (рисунков или слайдов), объединив которые можно получить простую, но наглядную, полноценную анимированную композицию. Сложность заключается в выборе программных средств. Основное требование к такому продукту – доступность и простота использования. Наиболее простыми в использовании являются программы, принцип работы которых основан на создании анимации посредством объединения ряда заранее подготовленных кадров, или изменения в окне самой программы выходного изображения.

Программа CorelDraw удовлетворяет всем выше перечисленным требованиям и имеет удобный и интуитивно понятный интерфейс, поэтому для создания мультфильма удобно использовать именно ее.

Разработка мультипликации проходит в несколько этапов. Прежде всего, необходимо выбрать сценарий с четко прописанными действиями, репликами и т.д. После того как составлен сценарий начинают прорисовывать главных персонажей их мимику и динамику движения, а также место действия (сцену). Затем можно приступать к созданию самой анимации, прорисовке кадров и их монтажу. И в заключении на готовый мультфильм

накладывают звук (звуковые эффекты, озвучивание персонажей, музыкальное сопровождение и т.д.)

Создание мультфильмов проходит по заранее написанным планам и сценариям. В качестве такого сценария был выбран первый рассказ из сборника к. пед. н. И. Н. Пустынниковой и магистра Ю. О. Семенюк «Кто что сказал?» [1], который представляет собой интересные истории про трех друзей: котика Мурчика – веселого озорника, собачку Гавчика – забавного толстяка и девочку Оксану – любознательную и умную.

Для анимации образы этих персонажей были прорисованы в таком виде, как показано на рисунке 1.

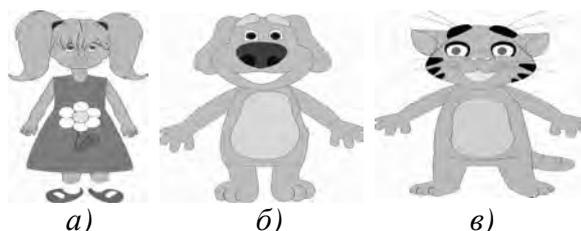


Рис. 1. Главные персонажи: а) Оксана, б) Гавчик, в) Мурчик

Выбранная история называется «День рождения Оксаны». Гавчик и Мурчик готовятся к поздравлению подруги. В процессе подготовки ко Дню рождения своей подруги Гавчик и Мурчик сталкиваются с такими тепловыми явлениями, как теплопередача, парообразование и кипение. А Оксанка поясняет друзьям, почему так происходит с точки зрения физики. Основные действия по сценарию происходят в ванной и гостиной (рис. 2).

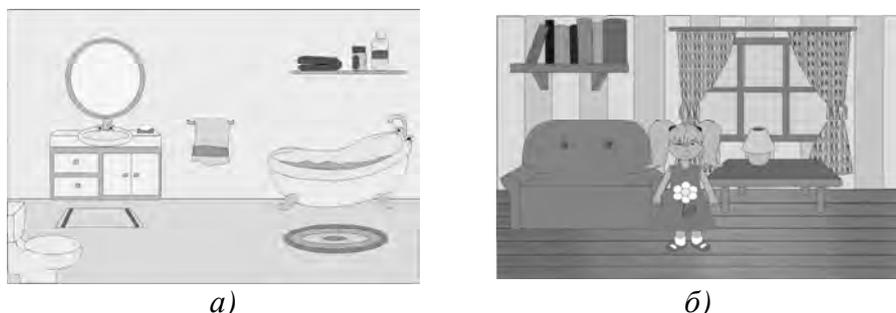


Рис. 2. Комнаты: а) ванная, б) гостиная

Главные персонажи мультфильма в обыденной жизни знакомятся с различными физическими явлениями. Ситуации, в которые они попадают, неоднократно случались в жизни каждого из учащихся. Пояснения этих бытовых и природных явлений в мультфильме дают ответы на большое количество вопросов, которые часто возникают у школьников. Полученный ответ в нестандартной форме помогает повысить интерес учащихся к физике, а принцип наглядности способствует осознанному и более стойкому развитию внимания, памяти, практических умений и т.д.

Список литературы

1. Пустынникова И.Н. Кто что сказал?: сборник качественных задач по физике / И.Н.Пустынникова, Ю.О. Семенюк. – Донецк, ДонНУ, 2014. – 63 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛОВ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Шаргородская О.А.,

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

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

kitten040@gmail.com

Для определения оптических параметров кристаллов как одноосных, так и двуосных наряду с коноскопическим применяется поляризационный метод, являющийся наиболее простым и удобным методом в исследовании опти прозрачных кристаллов [1,2]. Этот метод заключается в исследовании кристаллов в поляризованном свете с помощью поляризационного микроскопа.

Исследования оптических свойств одноосных и двуосных кристаллов проводились как при скрещенных ($N_1 \perp N_2$), так и параллельных ($N_1 \parallel N_2$) ориентациях николей.

Для определения оптических параметров кристаллов были выбраны следующие образцы:

- Исландский шпат ($CaCO_3$);
- Ниобат лития ($Li NbO_3$);
- Гипс ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$).

Данные кристаллы имеют разное количество оптических осей и обладают различными показателями преломления n_o и n_e , а также различной симметрией. Метод позволяет, не только определить основные параметры оптически прозрачных кристаллов, но и визуализировать двойное лучепреломление кристаллов, а также интерференцию поляризованного света в них.

При изучении явления двойного лучепреломления в исследуемых кристаллах рассчитан оптимальный угол расхождения обыкновенного (o) и необыкновенного (e) лучей [3]. Экспериментально полученные данным методом значения показателей преломления для o – и e -лучей (n_o и n_e соответственно) хорошо согласуются со справочными данными для таких кристаллов и позволяют заключить, что:

- Исландский шпат и ниобат лития отрицательные кристаллы, т.к. для них $n_o > n_e$;
- Гипс положительный кристалл, т.к. $n_o < n_e$.

Таким образом, поляризационный метод исследований позволяет определить знак любого оптически прозрачного кристалла. Визуализация двойного лучепреломления кристаллов позволяет сделать вывод, что исландский шпат и ниобат лития одноосные кристаллы, т.к. при вращении

кристаллов вокруг своей оси один луч остается неподвижным, а другой описывает окружность вокруг него. Неподвижный – это обыкновенный (o) луч, а вращающийся вокруг него необыкновенный (e) луч. Гипс – двусосный кристалл, т.к. у него оба луча описывают окружность, следовательно, они оба необыкновенные.

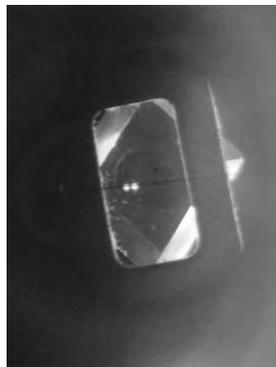


Рис. 1. Двойное лучепреломление в кристалле исландского шпата ($CaCO_3$)

На основе явления интерференции поляризованных лучей и использования пластинки чувствительного оттенка, определена толщина кристаллических пластинок и величина их двулучепреломления Δn . Для определения толщины кристаллической пластинки в методе используется кварцевый клин [4]. На основании цветовой номограммы Мишель-Леви определяются величины двулучепреломления кристаллов и разности показателей преломления o и e лучей.

Таким образом, используемая в работе методика изучения оптически прозрачных кристаллов поляризационным методом при помощи поляризационного микроскопа позволяет визуализировать двойное лучепреломление кристаллов, а так же интерференцию поляризованного света в них, и по полученной интерференционной картине определить с достаточной точностью, основные свойства оптически прозрачных кристаллов такие как: явление двулучепреломления; значение показателей преломления и их разности; количество осей кристалла; толщина кристалла; рассчитать оптимальный угол расхождения (o) и (e) луча. Т.е. поляризационный метод является хорошей альтернативой коноскопическому методу для исследования оптически прозрачных кристаллов.

Список литературы

1. Четвериков С.Д. Методика кристаллооптического исследования шлифов: учеб. пособие / С.Д. Четвериков. – М.: Госгеолгиздат, 1949. –154 с.
2. Шубников А.В. Основы оптической кристаллографии: учеб. пособие / А.В. Шубников – М.: Изд-во АН СССР, 1958. –206 с.
3. Шаргородская О.А. Безус А.В. Студенческая научно-практическая конференция физико-технического факультета.
4. Ландсберг Г.С. Оптика / Учеб.пособие – 6-е изд., стереот. –М.:ФИЗМАТЛИТ,2003. – 848 с.

ФИЗИКА НА КУХНЕ

Юдина В.С.,

Пустынникова И.Н., канд. пед. наук, доц.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

yudina.viktorya@yandex.ua

Физика оказала настолько серьезное влияние на жизнь человечества, что этого просто невозможно не заметить. Можно без преувеличения сказать, что знания, добытые физиками за века развития науки, используются практически в любой сфере человеческой деятельности. Достаточно окинуть взглядом то, что сейчас нас окружает – в производстве почти всех, находящихся вокруг нас вещей, важнейшую роль сыграли достижения физики.

К сожалению, многие ученики не понимают, каким образом знания, приобретённые на уроках физики, пригодятся при изучении других дисциплин и в дальнейшей жизни, которая у многих не будет связана с физикой. Учащиеся считают уроки физики скучными и непонятными. Для повышения познавательного интереса к предмету учитель старается использовать такие средства обучения, которые будут привлекать ученика, располагать его к совместной деятельности с одноклассниками и учителем. Достичь такой цели можно с помощью нетрадиционных средств обучения, одним из которых являются комиксы. Важной задачей комиксов является наглядная демонстрация учащимся того большого значения, которое имеет наука физика в жизни и как много ответов на повседневные вопросы найдут для себя маленькие «почемучки», изучая её. Комиксы должны вызывать удивление и потребность обратиться к соответствующему параграфу учебника. Использование комиксов позволяет учащимся наглядно представлять явления и, тем самым, способствует процессу формирования понятий, активизируя познавательную деятельность учащихся.

Замечательным местом для наблюдения различных физических явлений и проведения всяческих экспериментов является самая обычная кухня, которая есть в каждом доме. Иногда внимательное рассмотрение привычных, обыденных явлений открывает в них совершенно неожиданные стороны [1]. Каждый человек проводит на кухне много времени за приготовлением или употреблением пищи. Приготавливая обед или ужин, человек сталкивается с физическими процессами и явлениями, даже не подозревая об этом. Вместе с развитием цивилизации изменялись способы приготовления пищи. Лесной костер с жарящимся мамонтом последовательно сменили дровяная, угольная, газовая, электрическая и индукционная плиты, микроволновая печь... На протяжении тысячелетий изменялась форма воздействия огня на пищу, однако физическая суть очага оставалась почти неизменной: тепловая обработка происходила либо за счет прогрева пищи путем непосредственной

теплопередачи (возможно с привлечением конвекции), либо посредством инфракрасного облучения [2]. Почти каждый день мы завариваем чай, пьем кофе с молоком, маринуем огурцы или помидоры, варим варенье из фруктов и ягод и чувствуем приятный запах от выпечки и резкий запах пряностей. Все эти процессы, происходящие на кухне, подчиняются законам диффузии.

В созданном комиксе «Физика на кухне» главные герои обсуждают важные вопросы, которые хоть раз, но интересовали любого человека, а больше всего вопросов вызывали у школьников. Ребята долго не могли разобраться, с какой целью в стакан кладут ложечку, когда наливают кипяток. А оказалось все довольно просто (рис.1) [3]. Также, герои обсудили вопрос, какую посуду следует использовать для приготовления некоторых блюд.

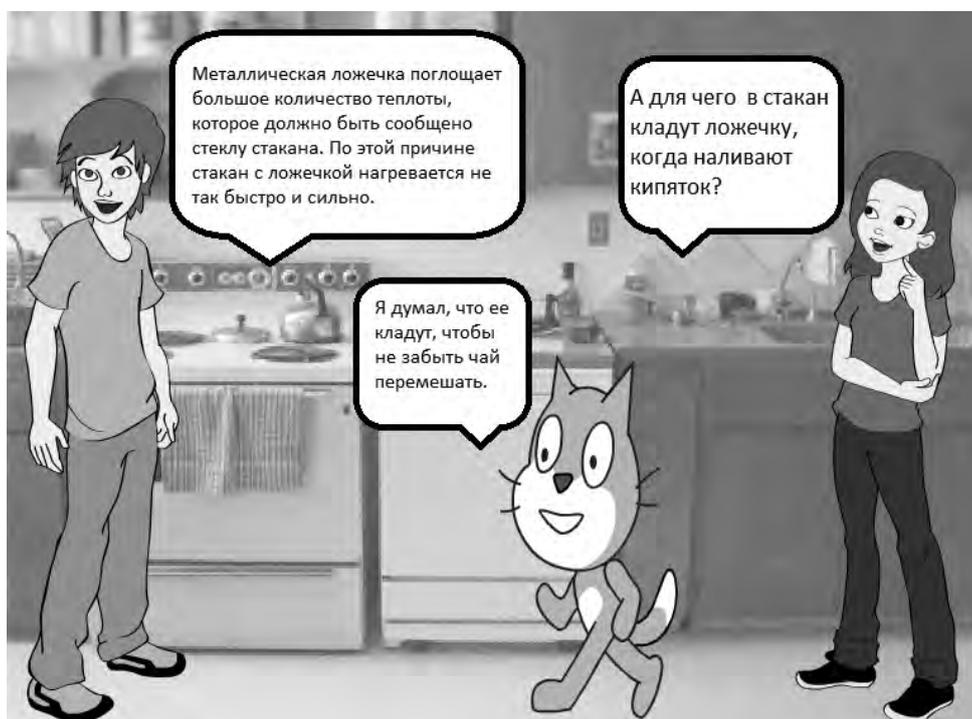


Рис. 1. Кадр комикса

Всем известно, что у хозяек на кухне есть свои любимые ножи, кастрюли, сковородки. Почему одна сковорода для них становится любимой, а другой они уже давно не пользовались? Оказывается, всё дело в физическом понятии – теплопроводность. Многие хозяйки отдают предпочтение чугунным сковородкам, а не алюминиевым и стальным. Почему? У толстых, массивных чугунных сковородок дно прогревается более равномерно, чем у тех, которые сделаны из тонкой стали. У каждой из этих сковородок есть свои недостатки. Для чугунной сковородки недостатками являются ее вес, хрупкость и то, что от воды на ней появляется ржавчина. Алюминиевая сковорода передает пище неприятный запах, а на стальной сковороде участки дна, которые располагаются непосредственно над огнем, прогреваются особенно сильно, и на ней пища часто пригорает [4].

У всех дома есть кухонные ножи. Кого-то устраивают те, которые уже есть, а кто-то, наверняка, хотел бы поменять имеющиеся, но не знает, на что стоит обратить внимание. Самым распространенным материалом является углеродистая сталь. Этот материал представляет собой сплав железа с углеродом. Ножи из этого вида материала обычно недороги, легко поддаются заточке. Они довольно уязвимы для ржавчины и всякого рода пятен, возникающих при взаимодействии с продуктами. Популярными также являются ножи, сделанные из нержавеющей стали, которая представляет собой сплав железа, хрома, небольшого количества углерода, никеля и молибдена. Ножи из этого материала требуют регулярной заточки и устойчивы к коррозии. Ножи из высокоуглеродистой нержавеющей стали относятся к ножам более высокого класса. Высокое содержание углерода способствует долгому сохранению заточки.

Ножи из дамасской стали сочетают в себе преимущества нескольких материалов. Ножи представляют собой слоистый «сэндвич» из различных сплавов стали. Поэтому они часто имеют уникальные рисунки на поверхности, которые являются своего рода побочным эффектом процесса производства. Сочетание качеств различных сплавов существенно уменьшает коррозию, сохраняя при этом необходимую прочность и гибкость.

Керамические ножи одновременно прочные и хрупкие. Они прочнее стали и имеют более острый режущий край. Однако из-за своей керамической природы такие ножи лучше использовать для нарезок, а не рубки. Следует проявлять осторожность при работе с этими ножами: нельзя ронять их на пол и пользоваться стеклянными разделочными досками [5].

В нашей повседневной жизни не найти другого такого же места, где происходило бы столько удивительных и загадочных физических явлений, как на кухне. Независимо от целей изучения физики, пользу полученных знаний трудно переоценить. Комиксы, повышая интерес учащихся к изучению физики, приводят к более глубокому пониманию основных механизмов и закономерностей существования окружающего мира.

Список литературы

1. Хилькевич С.С. Физика вокруг нас // С.С.Хилькевич. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 160 с. – (Библиотечка «Квант» Вып. 40).
2. Асламазов А.Г., Варламов А.А. Удивительная физика // А.Г.Асламазов, А.А.Варламов. – М.: Добросвет, 2002. – 236 с: ил.
3. https://scratch.mit.edu/projects/editor/?tip_bar=getStarted#editor
4. <http://elkin52.narod.ru/vopros/sadachi4.htm>
5. <http://posudadrom.ru/blog/?p=802>

УДК 004.91+004.8

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОИСК ДОКУМЕНТАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ИНДЕКСИРОВАНИЯ

*Дорохина Г.В.², Логвинова С.В.^{1,2},
Мартыненко А.М.¹*

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

²ГУ «Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк
martinenko1917@gmail.com

Общая постановка проблемы. В работе рассмотрена задача поиска на локальном компьютере файлов, содержащих определенную текстовую информацию.

Системы, выполняющие такую функцию, бывают двух видов [1]: основанные на технологии прямого поиска и основанные на технологии индексирования.

Прямой поиск осуществляется путем перебора доступных файлов, их названия, атрибутов и содержимого, в том числе возможен поиск в архивах.

К программам, в которых реализован этот тип поиска относятся файловые менеджеры, стандартные и специальные (например, AVSearch) утилиты операционных систем.

Недостатком прямого поиска является большие затраты времени в случае поиска в большом объеме данных. Достоинства: результаты поиска всегда являются актуальными, т.к. нет этапа индексирования; не требует дополнительного места на диске для создания индексного файла (от 20% до 90% объема индексируемых данных).

Поиск на основе индексирования осуществляется путем обработки документа и формирования его индекса. Индекс – это организованная структура, содержащая информацию об обработанных данных. К программам поиска файлов на основе индексирования относятся: dtSearch Desktop, Ищайка Проф Deluxe, Google Desktop Search, SearchInform и т.д.

Индексирование обеспечивает дополнительные возможности поиска: морфологический поиск, цитатный поиск, поиск похожих по смыслу документов и т.д.

Актуальной является разработка средств поиска файлов, способных выполнять цитатный, смешанный цитатный, морфологический и семантический поиск текста. Цель работы – разработать модуль индексирования русскоязычных текстов для задачи полнотекстового поиска текстовых документов на локальных дисках персонального компьютера.

Разработка модуля индексирования. Модуль индексирования должен позволять выполнять индексирование заданного перечня каталогов, а также

выполнять обновление индекса для заданного перечня файлов и папок. Последнее необходимо для быстрой актуализации индексной базы данных без значительных затрат времени и вычислительных ресурсов. Модель процесса индексирования приведена на рис. 1.

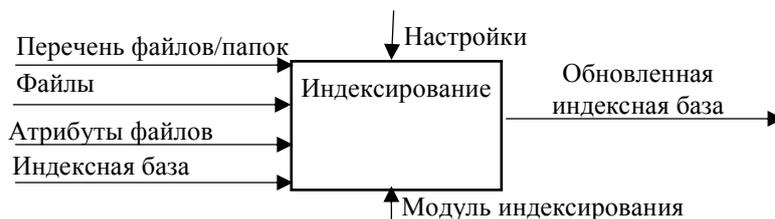


Рис. 1. Модель процесса индексирования

«Перечень файлов/папок» – пути к файлам и папкам, содержащим файлы, которые будут проиндексированы. Настройки влияют на то, будут ли проиндексированы файлы во вложенных папках; частоту выполнения индексирования и обновления индексных файлов (в заданное время / по команде) и прочее. Анализ текста выполняется средствами программной библиотеки синтаксического анализа русскоязычных текстов СинАн_ИПИИ.

Он позволяет выполнять синтаксический и морфологический анализ текста [2]. Если в результате анализа установлено, что текст не содержит слов русского языка, то такой текст в индексную базу не добавляется.

Образ текста представляет собой упорядоченные множества: элементов текста, множество границ предложений, множество взвешенных связей между парами слов текста (в случае предложной связи предлог хранится в специальном поле) и индексная таблица элементов текста, позволяющая для каждой строки элемента текста определить место текста, в котором она употреблена, а также индексная таблица лемм текста (аналогичная функция).

Индексная база образуется как объединение индексных образов текстов и таблицы ссылок, позволяющих определить, каких текстах встречаются строки с определённым идентификатором.

Выводы

Предложена схема организации модуля индексирования текстовых документов, обеспечивающая возможность выполнения полнотекстового поиска.

Список литературы

1. Магляс М. Обзор программ для поиска документов и данных / Магляс М. – 2005 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ixbt.com/soft/search-test.shtml>
2. Харламов А.А. Предсинтаксический анализ русско-английских текстов / А.А.Харламов, Т.В.Ермоленко, Г.В.Дорохина, А.О.Журавлев // Программная инженерия, № 10, 2013. – С. 37 – 47.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ГИГАНТСКИХ ДИПОЛЬНЫХ РЕЗОНАНСОВ

Парахневич А.С.,

Дерюжкова О.М., канд. физ.-мат. наук, доц.

УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»

alina6970768@mail.ru

Около 20 лет назад по инициативе Секции ядерных данных МАГАТЭ в НИИЯФ МГУ был организован Центр данных фотоядерных экспериментов (ЦДФЭ). В настоящее время ЦДФЭ – участник широкой международной Сети Центров ядерных данных. Основными задачами участников сети (в том числе и ЦДФЭ, ответственного за данные по реакциям под действием фотонов) является создание полных баз данных (БД) по свойствам атомных ядер и характеристикам ядерных реакций и их эффективное использование для решения широкого класса задач.

Веб-сайт Центра данных фотоядерных экспериментов НИИЯФ МГУ – система реляционных баз ядерных данных. В настоящее время на Веб-сайте ЦДФЭ пользователям свободно предоставляются несколько реляционных БД, содержащих большое количество данных, описывающих многие основные свойства ядер и процессов их превращения друг в друга в ядерных реакциях и радиоактивных распадах [1].

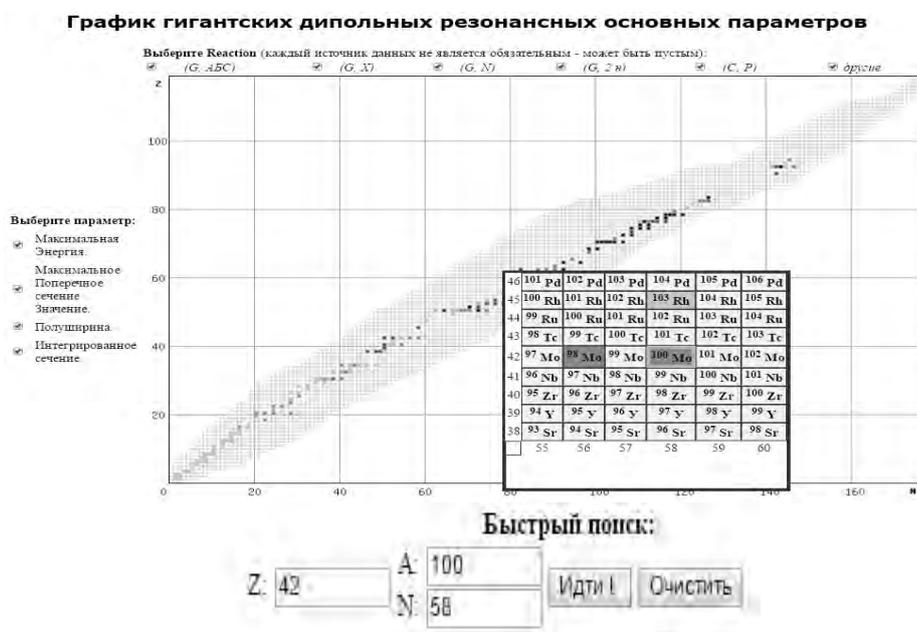


Рис. 1. Карта параметров ГДР с электронной лупой и окном быстрого поиска
 Рассмотрим работу карты гигантских дипольных резонансов, размещенной на Веб-сайте ЦДФЭ. Гигантский дипольный резонанс (ГДР) –

высоковозбуждённое состояние атомных ядер с участием большого числа нуклонов. ГДР наблюдается во всех атомных ядрах и проявляется как широкий максимум в зависимости сечения σ ядерных реакций от энергии налетающей частицы или в спектре вылетающих частиц.

В данной карте описываются свойства ГДР отдельных ядер с числом протонов Z , числом нейтронов N и числом нуклонов A . При этом можно зафиксировать такие фотоядерные реакции как полное фотопоглощение (γ,abs) и реакции с выходом нейтронов (γ,xn), (γ,n), ($\gamma,2n$), протона (γ,p) и других частиц (смотри рисунок 1).

В качестве исследуемого ядра выберем молибден $_{42}Mo$. Как химический элемент он принадлежит к VI группе периодической системы. Атомный номер – 42, атомный вес – 95,94. Имеет очень высокую точку плавления – 2623°C, шестую среди всех известных элементов. Открыт в 1778 году шведским химиком К. Шееле. Роль, которую играет этот светло-серый металл в атомной энергетике, трудно переоценить. Новые стали HPSS, содержащие до 7,5% молибдена, в состоянии утроить срок службы теплообменных труб (ТОТ) парогенераторов. По данным международной молибденовой ассоциации (ИМОА), реакторам нового поколения могут потребоваться десятки тысяч тонн молибдена.

Выбирая из карты ГДР $_{42}Mo^{98}$ можно получить набор данных, которые будут соответствовать запросу. Из данной таблицы можно определить максимальную энергию, максимальное поперечное сечение, полную ширину в максимуме резонанса, интегральное поперечное сечение. Также можно узнать пороговое значение, энергию распада, параметры квадрупольной деформации, параметры основных и изомерных состояний молибдена (см. рис. 2).

CDFE search engine. Giant Dipole Resonance Parameters Data Base.

The 4 following data sets matched to your request...

[\[Click here for help\]](#)

EXFOR SUBENT Number	Target Z-Symbol	Target A	Reaction	Final Z-Symbol	Final A	Maximum Energy (MeV)	Maximum Cross Section Value (mb)	Full Width at Half Maximum (MeV)	Integration Energy Limit (MeV)	Integrated Cross Section (MeV * mb)	First Momentum of Integrated Cross Section (mb)	Reference	NSM Keyno	First Author
10032012	42-MO	98	G,XN			17	235.4	8	26.8	2100	121	NUCL.PHYS. A227.427(1974)	1974BE33	H.BEIL+
	42-MO	98	G,XN			16.8	280	5	30	2000	0	YAD.FIZ. 11.702(1970)	1970IS03	B.S.ISHKHANOV+
10032013	42-MO	98	G,N	42-Mo	97	15.37	194.7	5	26.8	940	64.1	NUCL.PHYS. A227.427(1974)	1974BE33	H.BEIL+
10032014	42-MO	98	G,2N	42-Mo	96	19.17	86	8	26.8	574	28.4	NUCL.PHYS. A227.427(1974)	1974BE33	H.BEIL+

Рис. 2. Выходная форма запроса ГДР для $_{42}Mo^{98}$

Выбрав первый столбец таблицы можно визуально оценить данные. На рисунке 3 представлен график зависимости сечения от энергии для $_{42}Mo^{98}$. Положение максимума резонанса для $_{42}Mo^{98}$ определяется областью энергий 17-18 МэВ, при этом величина сечения в максимуме резонанса равна 240

МБарн. В общем случае, с ростом энергии положение максимума сечения смещается при переходе от легких ядер к тяжелым из области 12-21 МэВ в область энергий 8,3-10 МэВ.

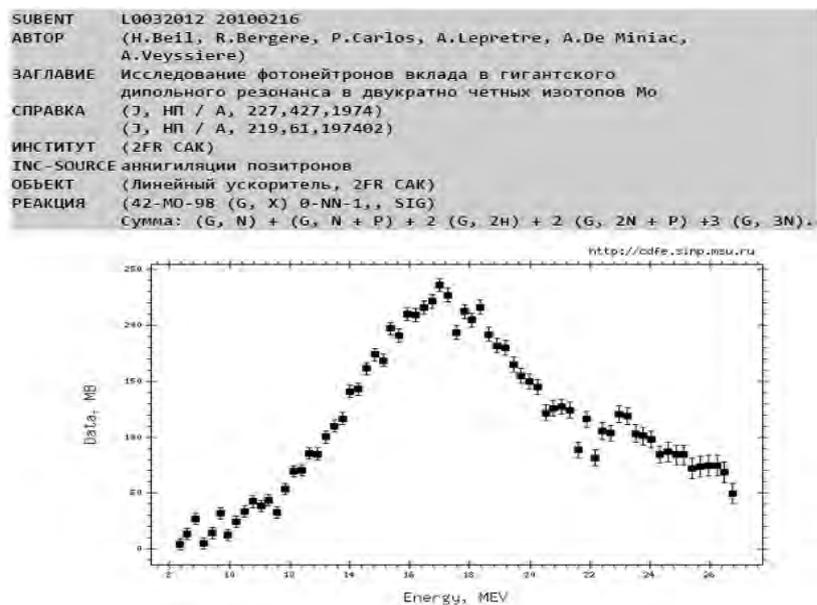


Рис. 3. Визуальная оценка данных

Данная карта используется для решения ряда оригинальных ядерно-физических исследовательских задач. С ее помощью можно уменьшить затраты времени на получение численных значений различных характеристик ядер, нежели при решении задачи вручную. При этом точность решения гораздо выше, а погрешности сведены к минимуму.

Студентам на современном этапе развития образования постоянно требуется новый объем информации более высокого качества. Новые информационные технологии позволяют студентам любых Вузов из любых стран пользоваться системой реляционных баз данных НИИЯФ МГУ для решения конкретных задач ядерной физики при выполнении практических, курсовых и дипломных работ.

Список литературы

1. Варламов В.В. Физика ядра и банки ядерных данных: учебное пособие // В.В.Варламов, Н.Г.Гончарова, Б.С.Ишханов. – М.: Университетская книга, 2010. – 246 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ KALDI ASR

Пикалёв Я.С.,

Шеленов В.Ю., канд. физ.-мат.наук. профессор,

ГУ «Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк

as16intellect@mail.ru

Введение

Kaldi ASR (далее – Kaldi) – программный инструментарий распознавания речи, основанный на библиотеках OPENFST, BLAS/LAPACK и IRSLM, консольных приложениях и скриптах для акустического моделирования [1], написан на языке C++ и обладает Apache License v2.0. Основные достоинства библиотеки Kaldi: обладает высокой точностью распознавания среди известных решений (WER = 6,5%); по скорости распознавания (SF = 0,6) уступает лишь НТК [2]; кроссплатформенность; большая база примеров; гибкая и открытая архитектура; технология сжатия файлов; наличие современных методов и алгоритмов автоматического распознавания речи. К недостаткам Kaldi относят: отсутствие документации на русском языке при высоких требованиях к знаниям в сфере распознавания речи приводит к высокой сложности освоения; затруднительно внедрение в сторонние проекты из-за интерфейса в виде консоли; сложный процесс компиляции, (в т.ч. для Windows); необходимы хотя бы поверхностные знания Perl и Python.

1. Схема работы Kaldi.

Kaldi, используя набор обучающих и тестовых данных и словарь для них, при помощи своего инструментария, основанного на алгоритме WFST (Weighted Finite State Transducers), выполняет ряд операций с графами [3], которые используются для декодирования по акустической модели. Декодирование выполняется на HCLG графике, который построен из простых графиков FST:

$$\text{HCLG} = \text{H} \circ \text{C} \circ \text{L} \circ \text{G}, \quad (1)$$

где G – акцептором, который кодирует грамматику или языковую модель; L – лексика (входные символы – фонемы, на выходе – слова); C – взаимосвязь между контекстно-зависимыми фонемами на входе и на выходе; H – определения скрытой марковской модели (далее – СММ), которые принимают в качестве входного идентификатора функции плотности вероятности (PDF) и возвращают контекстно-зависимые фонемы.

Помимо этого Kaldi моделирует вероятности наблюдений с использованием многомерного Гауссовского распределения, а также применяет критерий Витерби при назначении акустического наблюдения состояниям СММ. Обучение Витерби аппроксимирует алгоритм максимизации ожиданий, выбирая наилучшее выравнивание и максимизирует апостериорную вероятность для выбранного выравнивания. Результат работы – транскрипция распознанной речи.

Стоит отметить модуль Kaldi для распознавания ключевых слов, разработанный по программе IARPA Babel [4]:

$$K' = Project\left(ShortestPath(Prune)\left(Prune\left(K \circ L_2 \circ E'\right) \circ L_1^{-1}\right)\right), \quad (2)$$

где K – изначальное ключевое слово; L_2 – лексикон, содержащий произношение K ; E' – изменяемое расстояние, которое содержится в данном сочетании, взятом из обучаемого набора; L_1 – изначальный лексикон.

K' – WFST, которое содержит несколько слов, которые акустически похожи на изначальное ключевое слово K .

2. Эксперимент по созданию ASR-системы, основанной на СММ.

Для освоения библиотеки Kaldi был поставлен эксперимент создания простой ASR-системы, основанной на СММ. Для этого предварительно под Ubuntu 16.04 был скомпилирован программный комплекс Kaldi с библиотеками, необходимыми для ее функционирования. Для эксперимента был собран речевой материал (wav-формат, 16000 Hz, 16-бит, 256 кбит/с): произношения 10 дикторами (5 женщинами и 5 мужчинами; 100 произношений для одного диктора) трех чисел (от 0 до 9);. Речевой материал 9 дикторов использован для обучения системы, а речевой материал оставшегося диктора использован для ее тестирования. Был составлен словарь с транскрипцией цифр от 0 до 9 в международном формате («один а dd ii n») IPA (International Phonetic Alphabet). Далее, при помощи программ были созданы файлы с текстовым содержимым, предназначенные для формирования акустической и языковой модели (spk2gender, wav.scp, text, utt2spk, corpus.txt, lexicon.txt, nonsilence_phones.txt, silence_phones.txt, optional_silence.txt) [5]. Также были созданы скрипты, формирующие из этих файлов акустическую и языковую модель, извлекающие MFCC-признаки, а также производящие декодирование и оценку распознавания (path.sh, cmd.sh, run.sh, score.sh). Обучение системы посредством скрипта run.sh, проводилось двумя способами: обучение при помощи монофонов (MONO) и трифонов (TRI1).

Получены следующие результаты. При обучении монофонами – WER = 15,4%; обучение посредством трифонов – WER = 7,4%.

Заключение

В ходе исследования были проанализированы достоинства и недостатки Kaldi ASR. Была разработана ASR-система, основанная на СММ, с целью проведения экспериментов по анализу системы Kaldi. В результате была наглядно подтверждена актуальность использования данной библиотеки для распознавания речи.

Список литературы

1. Daniel Povey, Arnab Ghoshal and others, The Kaldi speech recognition toolkit, IEEE 2011 Workshop on Automatic Speech Recognition and Understanding, IEEE Signal Processing Society, December 2011, IEEE Catalog No.: CFP11SRW-USB.
2. Беленко М.В., Балакшин П.В. Сравнительный анализ систем распознавания речи с открытым кодом // Международный научно-исследовательский журнал «Технические науки» – № 04 (58) – 2017 – с.13-18.
3. Daniel Povey. Speech Recognition – A Practical Guide. Lecture 1. [Электронный ресурс]. URL: <http://danielpovey.com/files/Lecture1.pdf> (дата обращения 25.09.2017).
4. G. Chen, O. Yilmaz, J. Trmal, D. Povey, S. Khudanpur. Using Proxies for OOV Keywords in the Keyword Search Task", Automatic Speech Recognition and Understanding (ASRU), 2013 IEEE Workshop, p. 416-421.
5. Data preparation. URL: http://kaldi-asr.org/doc/data_prep.html (дата обращения 25.09.2017).

УДК 004.932

ТЕХНОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ И ГОЛОСОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОМОЩИ СЛАБОВИДЯЩИМ ЛЮДЯМ

*Полищук И.Н., Коменко Ю.В.,
Коменко В.Н.*

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
djzuumik@gmail.com

Изобилие компьютерных приложений на современном рынке не знает границ, однако, несмотря на весь их ассортимент, люди с ограниченными зрительными способностями находятся в состоянии потребительского дефицита.

Критической отметкой является то, что среди малой части компенсаторов зрения, доступных на рынке СНГ, большая часть из них не имеет голосового сопровождения.

Исходя из вышесказанного, целью исследования является разработка архитектуры и создание программного продукта, который бы мог занять место на рынке. Для этого необходимо устранить недостатки имеющихся решений.

Основной же целью разработки является создания платформы – архитектуры, которая бы позволяла быстро и легко расширять функционал системы. Вместе с архитектурой необходимо заложить интерфейс, который был бы удобен на постоянной основе. Для этой цели решено использовать возможности голосового управления и распознавания жестов.

Основной задачей разрабатываемой системы является помощь слабовидящим людям в повседневной жизни. В качестве аппаратной и программной платформы функционирования системы будут использованы смартфоны под управлением операционных систем Android и IOS, поскольку именно они занимают наибольшую часть на рынке [1]. К системе предъявляются следующие требования:

- 1) обеспечить гибкую программную платформу с возможностью расширения и переносимостью кода;
- 2) предоставить единый интерфейс на всю платформу, спроектированный в расчете на конечных пользователей;
- 3) обеспечить использование голосового управления;
- 4) обеспечить использование алгоритмов компьютерного зрения для чтения надписей.

В качестве архитектуры была выбрана классическая трехслойная модель с поправкой на кроссплатформенность [2]. На рис. 1 изображены схемы связей между проектами. Как видно на этих схемах, подобная архитектура вместе с использованием платформы Xamarin позволяет добиться высокой переносимости и используемости кода, что, в свою очередь, позволяет разрабатывать систему одновременно на Android и iOS. Каждый проект отвечает за реализацию определенной части логики.

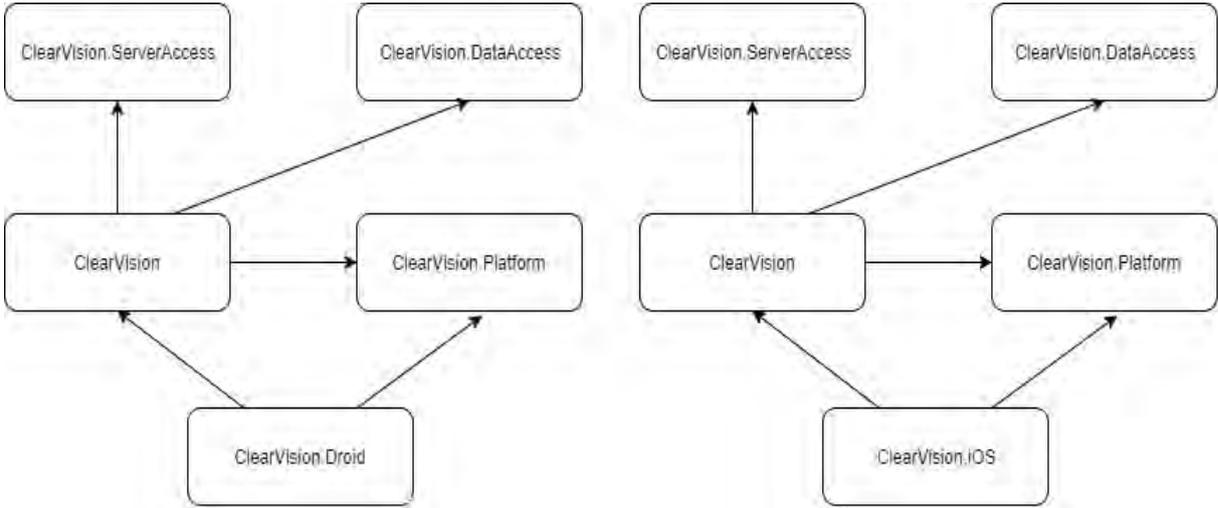


Рис. 1 – Схема связей слоев проекта

Диаграмма компонентов разработанной системы представлена на рис. 2.

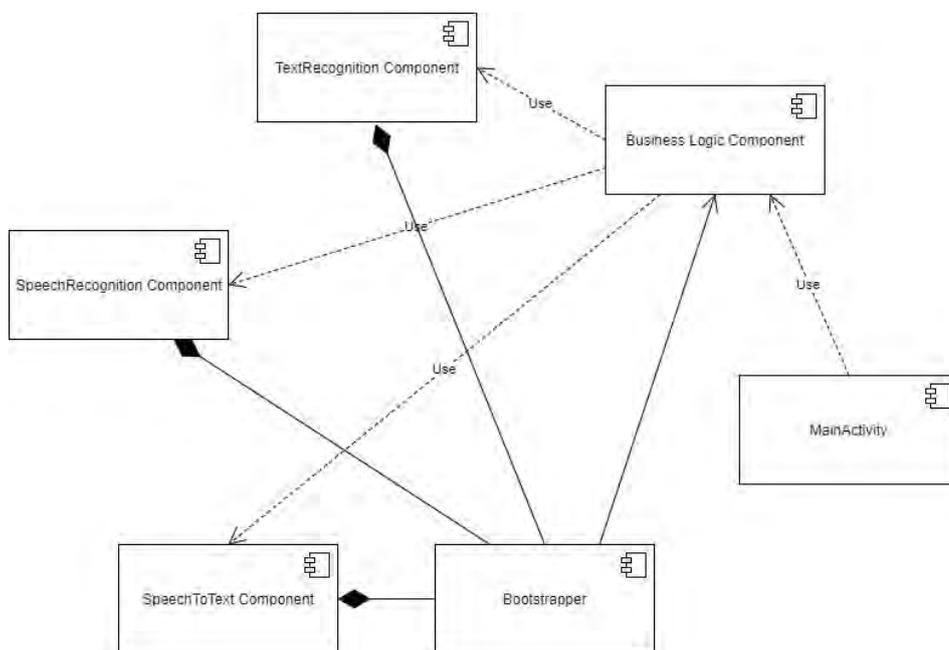


Рис. 2. Диаграмма компонентов

Для распознавания текстовых символов на изображении была использована библиотека Tesseract. Для Android-версии приложения были разработаны привязки для платформы Xamarin и для библиотеки Tess-Two. Для бинаризации изображения перед его распознаванием используется метод Оцу [3].

Для речевого управления использован сервис Google Text-To-Speech. Сервис основан на работе множества моделей нейронных сетей, которые работают параллельно для улучшения оценок распознанных результатов. Перед использованием сервиса звуковой сигнал проходит через алгоритмы сглаживания.

В результате исследований была спроектирована архитектура и реализована на языке C# для платформы Android и iOS система, которая позволяет распознавать текст с помощью камеры и зачитывать его пользователю. В решении используются облачные системы голосового управления.

Результаты тестирования свидетельствуют об эффективном решении поставленных перед системой задач. Применение разработанной системы не ограничено помощью людям с проблемами зрения. Она может также внести свой вклад в развитие робототехники, где задачи навигации, компьютерного зрения и человеко-машинного интерфейса являются актуальными по сей день.

Список литературы

1. Рыночная доля операционных систем на рынке смартфонов // Сайт IDC. URL: <https://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp> (дата обращения: 15.08.2017).
2. Three Layer Architecture in C# .NET // Сайт CodeProject. URL: <https://www.codeproject.com/Articles/36847/Three-Layer-Architecture-in-C-NET> (дата обращения: 20.08.2017).
3. Otsu Thresholding // Сайт The Lab Book Pages. URL: <http://www.labbookpages.co.uk/software/imgProc/otsuThreshold.html> (дата обращения: 27.08.2017).

РАЗРАБОТКА САЙТА «МОДЕЛИ АТОМНЫХ ЯДЕР»

Ревенок М.А.,

Дерюжкова О.М., канд. физ.-мат. наук, доц.

УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»

mrevenok_96@mail.ru

Для того чтобы создать информативный сайт изначально необходимо разобраться в теоретической составляющей, которая представляет собой наполнение сайта.

Атомные ядра – это сложные и своеобразные физические объекты, обладающие многими интересными свойствами. Ввиду того, что в настоящее время не существует единой теории, которая смогла бы объяснить все свойства ядер, их удобно рассматривать с помощью моделей, каждая из которых описывает определенные свойства. Таким образом, модели имеют ограниченную область применений, но играют важную роль в теории атомного ядра, которая исходит из того, что ядро – это квантовая система многих частиц – нуклонов, между которыми действуют ядерные силы. В основу каждой модели кладется допущение о приближенной независимости какого-либо набора степеней свободы ядра. Учитываемые степени свободы слабо взаимодействуют друг с другом и с остальными степенями свободы. Это допущение выполняется только приближенно и только для ограниченного круга явлений. Степени свободы ядра можно разделить на одночастичные, описывающие движение индивидуальных частиц, и коллективные, соответствующие коррелированному движению большого числа частиц. Согласно этому, используемые в физике ядра модели, можно разделить на коллективные, одночастичные и обобщенные, в которых используются как коллективные, так и одночастичные степени свободы. Модели, основанные на коллективных степенях свободы ядра, принято называть моделями с сильным взаимодействием между частицами, а модели, основанные на учете одночастичных степеней свободы, часто называют моделями из независимых частиц [1].

В настоящее время для описания и изучения свойств и характеристик атомного ядра используют следующие основные модели: модель ферми-газа, капельная модель ядра, модель ядерных оболочек, модель пятимерного гармонического осциллятора, модель аксиально-симметричного ротатора, двухкомпонентная модель ядерной жидкости и обобщенная модель ядра.

Для разработки сайта использовался язык программирования HTML. Возможности редактирования в HTML позволяют быстро и легко создавать страницы сайта. HTML – очень простая и удобная среда для написания сайтов, в ней достаточно легко самостоятельно разобраться и работать. В создании страниц сайта учитывалась важность, польза и удобство с точки

зрения студента – пользователя. Данный сайт включает в себя теоретическую часть. В ней изложен основной теоретический материал по теме «Модели атомных ядер». Также в некоторых разделах есть подразделы. Теоретический материал дополняется различными рисунками и ссылками для визуального представления информации, наилучшего усвоения материала, удобства изучения и простоты работы.

Ниже приводится структура сайта (рисунок 1). Представленная структура является простой и доступной для любого пользователя. Данная разработка имеет интуитивно понятную навигацию, что позволит без проблем и лишних затрат времени найти необходимую информацию.

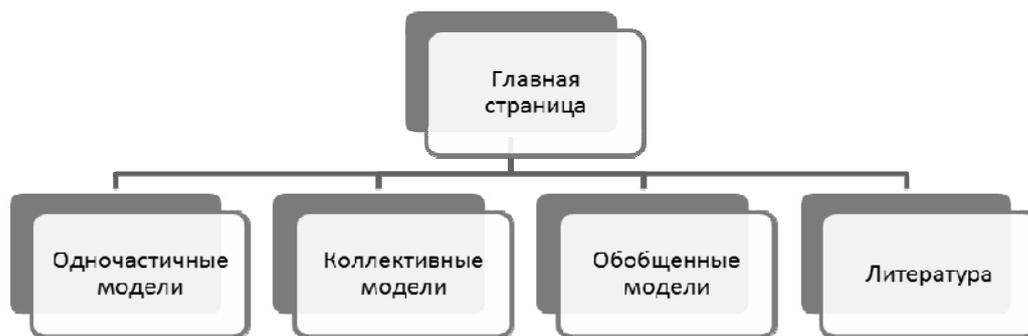


Рис. 1. Структура Веб-сайта

На рисунках 2 и 3 представлены страницы сайта. С домашней страницы можно попасть, например, на страницу «Модель оболочек (оболочечная)», а так же и на остальные страницы, посвященные ядерным моделям. С любой страницы можно выйти на домашнюю страницу.



Рис. 2. Главная страница сайта «Модели атомных ядер»

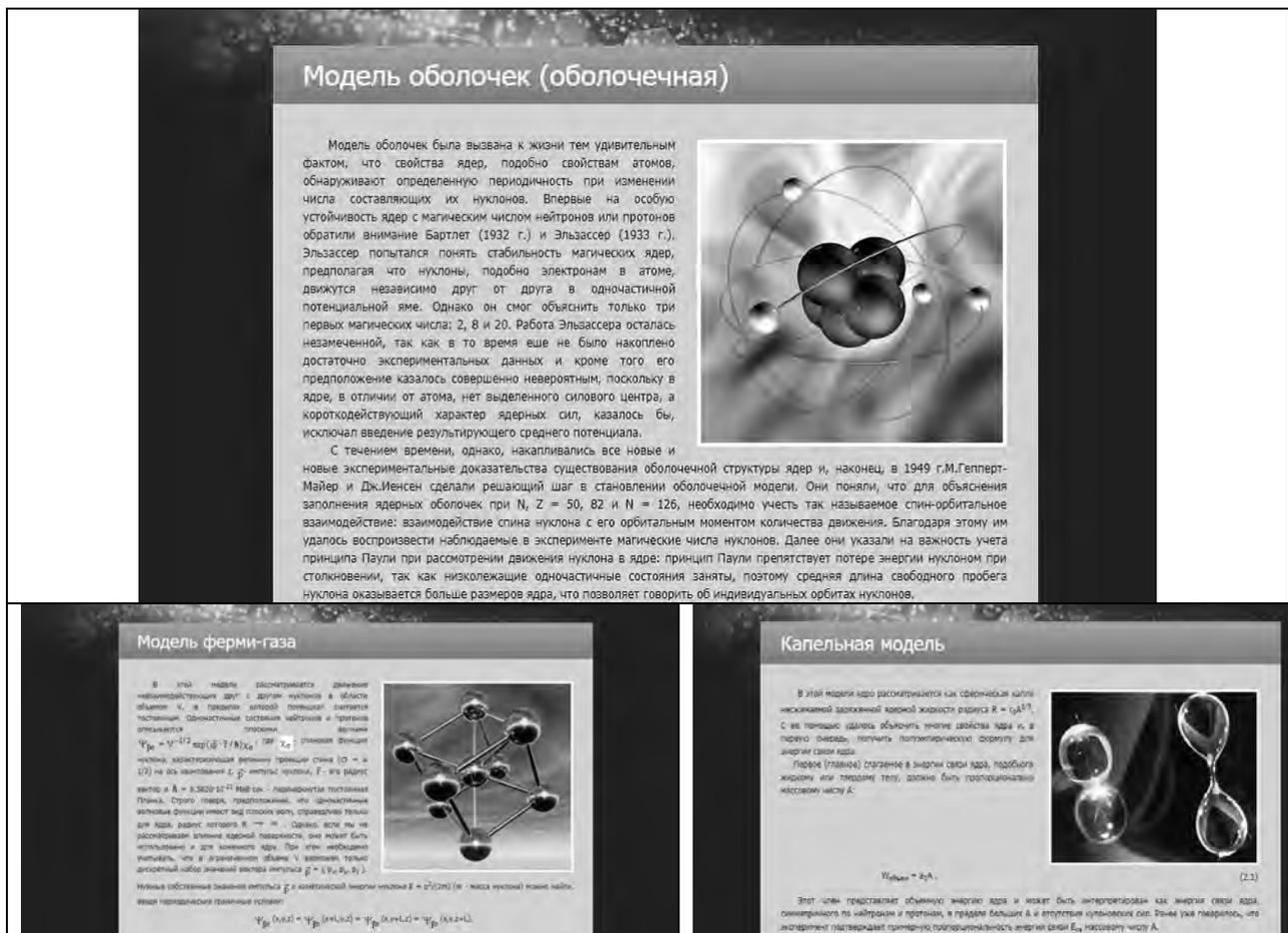


Рис. 3. Страницы сайта «Модели атомных ядер»

Сайт дает возможность студентам и преподавателям иметь удобный доступ к материалам по теме «Модели атомных ядер», исчезает необходимость искать и отбирать их самому в интернете или в книгах, что позволит сосредоточиться на изучении учебного и дополнительного материала. Использование компьютерных средств в образовании значительно облегчает процесс обучения.

Список литературы

1. Ишханов Б.С. Модели атомных ядер: Учебное пособие // Б.С.Ишханов, И.М.Капитонов, В.Н.Орлин. – М.: Московский университет, 1997. – 81 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ КАФЕДРЫ И ФОРМИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ПЛАНОВ РАБОТЫ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Решетов И.В., Котенко В.Н.,
Ермоленко Т.В.*, канд. техн. наук., доц.
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк
ilyareshetov@outlook.com

В соответствии с «Положением об организации учебного процесса в образовательных учреждениях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики» планирование работы преподавателя осуществляется по индивидуальному плану, составленному в соответствии с планами учебной, учебно-методической и научно-исследовательской, организационной и воспитательной работы кафедры. Индивидуальный план работы преподавателя на учебный год – это основной документ по планированию и учету деятельности научно-педагогических работников образовательной организации.

Процесс распределения учебной нагрузки кафедры и составления индивидуальных планов работы преподавателей является рутинной ежегодной работой, сопряжен со значительными временными затратами и требует инновационных подходов к способам и методам его формирования.

Расчет учебной нагрузки кафедры на учебный год и индивидуальный план преподавателя являются типовыми документами, утвержденными на уровне образовательного учреждения. Этот факт обеспечивает возможность продуктивного автоматизированного поиска информации в документах и манипулирования ею. Отсюда возникает идея создания автоматизированной системы по распределению учебной нагрузки кафедры и формированию индивидуальных планов преподавателей.

Разрабатываемая информационная система должна соответствовать ряду критериев. Во-первых, она должна быть не просто хранилищем документов расчета учебной нагрузки кафедры и индивидуальных планов преподавателей, – на нее должны быть возложены функции, выполняемые преподавателями при подготовке планов. Во-вторых, интерфейс пользователя должен быть простым и функциональным, не вызывающим затруднений при использовании. В-третьих, использование автоматизации заполнения должно гарантировать корректное заполнение индивидуальных планов, исключать появление логических ошибок: наличие в плане дисциплины, читаемой другим преподавателем, превышение предельно допустимой нагрузки в часах и т.п.

При составлении индивидуального плана, преподаватель-лектор обязан учитывать максимальный объем своей нагрузки в часах и в зависимости от этого распределять между ассистентами часть своей учебной нагрузки. Современные информационные технологии позволяют с легкостью организовать подобную проверку. При этом можно даже предлагать преподавателю варианты по распределению части его учебной нагрузки.

Более глубокие исследования показывают, что бизнес-логика разрабатываемой системы выходит за рамки обслуживания отдельных преподавателей и предоставляет возможности комплексной автоматизации распределения учебной нагрузки всей кафедры.

Анализ поставленной проблемы, а также возможных методов ее решения, учитывая повсеместное распространение сетевых технологий, показал необходимость разработки веб-приложения для реализации поставленной задачи [1].

Веб-приложение обладает ключевыми преимуществами, такими как: безопасность (использование только во внутренней сети учебного заведения, использование системы авторизации пользователей), быстрдействие, простота развертывания системы, ее использования и модификации.

Изучение современных технологий по созданию веб-приложений показало эффективность использования для реализации системы автоматизации распределения учебной нагрузки кафедры и формирования индивидуальных планов преподавателей стека технологий, основанного на фреймворке Laravel. Данная технология обеспечивает требуемое быстрдействие, предоставляет необходимый функционал по автоматизации процессов, собственную ORM систему, а также возможности легкой и удобной модернизации системы.

Для архитектуры приложения была выбрана следующая логика работы в упрощенном варианте (рис. 1).



Рис. 1. Архитектура разработанной системы

В данной архитектуре четко находит свое место принцип разграничения выполняемых функций приложения. Части системы объединены в

логические блоки, и для внесения изменения в функционал всей системы необходимо лишь внести изменения в нужный блок. Такой принцип позволяет организовать адаптацию всей системы под другие стандарты ведения учебных или индивидуальных планов работы, обеспечить модификацию системы под нужды и специфику конкретной кафедры [2].

На уровне бизнес-логики приложение включает в себя функции, обеспечивающие взаимодействие с базой данных, наполнение базы данных информацией, регистрацию, авторизацию и контроль работы пользователей, выборку данных для представления с помощью веб-интерфейса, контроль и верификацию планов заведующим кафедрой, генерацию индивидуальных планов преподавателей в формате документов Microsoft Excel.

Отдельно, стоит отметить способ загрузки данных в систему. Файлы формата Excel являются довольно трудоемкими с точки зрения обработки данных, так как несут в себе много второстепенной информации. Поэтому на уровне данных для приложения принято решение использования файлов с расширением .csv, которые обрабатываются скриптом загрузчиком и сохраняются в базу данных.

Важным этапом в процессе реализации системы является ее тестирование, ведь корректное распределение нагрузки кафедры и заполнение индивидуальных планов является одной из важнейших задач, поставленных в рассматриваемой проблемной области.

В ходе реализации проекта, разработанная система была протестирована на реальных данных кафедры компьютерных технологий ДонНУ, где показала свою работоспособность, полное соответствие поставленным требованиям, эффективную обработку и отображение данных, корректное распределение учебной нагрузки кафедры и составление и заполнение индивидуальных планов преподавателей в условиях работы в многопользовательском режиме.

Таким образом, предложен метод систематизации и автоматизации процесса распределения учебной нагрузки кафедры и формирования индивидуальных планов работы преподавателей, получены результаты, подтверждающие эффективность системы при применении ее в учебном процессе. Система находится в процессе внедрения на кафедре компьютерных технологий ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Список литературы

1. Программный комплекс «Планы» // [ММИС]. URL: <http://www.mmis.ru/programs/plany> (дата обращения 10.09.17).
2. Никсон Р. Создаем динамические веб-сайты с помощью PHP, MySQL, JavaScript, CSS и HTML5. 3-е изд. / Р. Никсон. – СПб.: Питер, 2015. – 688 с.

МОДЕЛЬ УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ БЮДЖЕТНЫМ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ ТЕЛЕПРИСУТСТВИЯ НА ОСНОВЕ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

Черкашин Е.И., Котенко В.Н.,

Ермоленко Т.В., канд. техн. наук., доц.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

shedl33@gmail.com

Микроконтроллерные системы в современном мире получили самое широкое распространение. Они применяются в стиральных машинах, автомобилях, холодильниках, в различных инновационных устройствах: квадрокоптерах, системах «умный дом» и наиболее интересных из них, – роботах.

Основным материалом для исследования было взято устройство Arduino Mega, на основе которого построен колесный робот с удаленным управлением. Он предусматривает несколько режимов работы. На основе такой модели могут быть спроектированы и разработаны десятки устройств для облегчения работы инженерам, врачам, водителям, строителям, инвалидам. Данная модель может быть использована при создании «умного» дома.

Идея роботов телеприсутствия достаточно проста. Она позволяет человеку с помощью ноутбука и подключения к сети Интернет находиться в нужном месте, взаимодействуя с объектами и людьми, имитируя собственное присутствие. Спектр применения таких роботов весьма обширен: от охранника и домашнего помощника до промодера и настоящего сотрудника компании. Роботы телеприсутствия зачастую используют технологию клиент-сервер.

Технологию клиент-сервер можно описать следующим алгоритмом:

1) клиент формирует и посылает запрос к серверу, – к программе, которая обрабатывает запросы;

2) программа производит манипуляции, в соответствии с запросом, формирует результат и передает его клиенту;

3) клиент получает результат, отображает его на дисплее и ждет дальнейших действий пользователя. Цикл повторяется до тех пор, пока пользователь не завершит работу с сервером.

Целью данного исследования является создание дешевого изделия из доступных средств и открытых источников, разработка бюджетного робота и программного обеспечения для него, с помощью которого оператору предоставляется возможность удаленно наблюдать за помещением. Уникальность разработки заключается в использовании энергоэффективных и бюджетных технологий для управления роботом телеприсутствия.

Платформа Android имеет в себе встроенные Wi-Fi и Bluetooth адаптеры.

Для работы именно с ними не требуется никаких дополнительных драйверов или библиотек. При правильных настройках Wi-Fi, сервер может подключаться к любой точке доступа, которая находится на расстоянии, необходимом для передачи данных. При запуске сервера к нему можно подключиться из любого браузера, находящегося в локальной сети. Bluetooth соединение необходимо для связи сервера и платформы Arduino робота. Используемый способ соединения является наиболее практичным в отношении автономности. На рис. 1 представлена наглядная схема связи клиента (пользователя) и клиента (робота) с сервером.

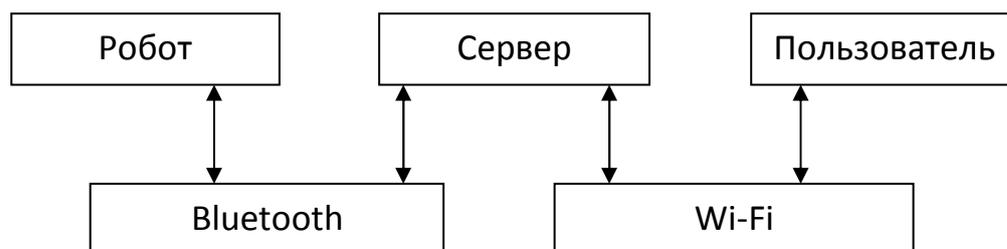


Рис. 1. Схема связи клиента и сервера

Серверная часть системы выполнена в виде Android-приложения на основе открытого проекта PAW Server. Используется API Android для управления ресурсами смартфона, на котором он установлен. Сервер занимается отправкой web-страниц пользователю, а также отправкой сигналов на периферийные устройства с помощью Wi-Fi и Bluetooth адаптеров. Сервер работает в локальном режиме. В этом режиме можно настроить конфигурацию сервера и работать с ним по локальной сети [1].

Для коммуникации с сервером клиенты должны использовать REST запросы, поэтому клиент – это любой браузер. Но вследствие необходимости частой передачи запросов, было разработано динамическое web-приложение, которое помогает в управлении микроконтроллерной системой. Управление системой ведется с помощью графических кнопок: «Left», «Forward», «Right», «Back», «Left 90 degree», «Right 90 degree», «Round 180 degree».

Колесный робот содержит платформу, которая снабжена двумя ведущими колесами с моторами и редукторами, сзади находится третье колесо для баланса. К днищу платформы прикреплен блок батарей для питания драйвера двигателей. Разделение источников питания используется для лучшей энергоэффективности схемы. Сверху на платформу установлена плата Arduino MEGA, а над ней на специальной платформе закреплен драйвер двигателей L298N. Впереди конструкции установлен ультразвуковой датчик HC-SR04, необходимый для избежания столкновений с препятствиями. На платформу установлен модуль Bluetooth HC-05 для обеспечения связи робота с сервером. Для визуального контроля за помещением используется камера смартфона. Робот управляется со страницы управления в любом браузере (рис. 2).



Рис. 2. Движение робота телеприсутствия по команде «Forward»

Для контроллера Arduino написана программа на внутреннем C-подобном языке, которая распределяет назначение портов ввода/вывода, а также отправляет полученные данные в основную программу на сервер. Вместе с этим программа обеспечивает промежуточное управление драйвером двигателей и принимает данные с ультразвукового датчика.

Ультразвуковой датчик HC-SR04 имеет дальность сканирования 4 метра. Практическим путем было установлено наиболее эффективное расстояние сканирования без существенных погрешностей в 1.5 метра. Максимальный угол сканирования ультразвуковым лучом составляет 30° [2].

Таким образом, предложена и реализована модель удаленного управления бюджетным мобильным роботом телеприсутствия на основе клиент-серверной архитектуры: взаимодействие с роботом осуществляется через сервер, установленный на смартфон, доступ к серверу осуществляется через сеть Wi-Fi, робот связан с сервером посредством Bluetooth-приемопередатчика.

Пользователь имеет возможность осуществлять от лица робота мониторинг помещения, изображение которого транслируется на страницу браузера с элементами управления. Взаимодействием с сервером занимается исполнительный модуль, записанный в память робота.

Реализован удобный интерфейс системы управления роботом телеприсутствия, посредством которого происходит получение данных от робота и непосредственное управление им. Система полностью работоспособна и может использоваться для удаленного наблюдения.

Список литературы

1. Дейтел П. Android для программистов. Создаем приложения / П. Дейтел, Х. Дейтел, Э. Дейтел, М. Моргано. СПб.: Питер, 2013. – 35 с.
2. Петин В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino / В.А. Петин. СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 269 с.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ И ПОЛЬЗОВАТЕЛИ БИБЛИОТЕК

Ярцева М.Ю.,

Туралина Н.А., д-р. филол. наук, проф.

Белгородский государственный институт искусств и культуры

pulkom@mail.ru

В последнее десятилетие СМИ широко обсуждают темы падения интереса к чтению, возможностей библиотек в расширяющейся цифровой вселенной, но в настоящее время акцент дискуссий сместился в сторону определения места библиотеки в будущем «оцифрованном мире», переосмысления ее роли как публичного пространства.

В реальности библиотеки являются абсолютно понятными и хорошо известными людям культурными учреждениями. Их большая сеть есть в каждом городе и сельском районе. Общество понимает, зачем человек приходит в библиотеку и что он там делает, но при этом, необходимо уже сегодня понимать, какой библиотека должна стать в будущем. В цифровом мире у нее остаются функции, которые являются нужными и актуальными по-прежнему, – сбор, объединение и поиск информации.

Структурно конечные результаты деятельности любой библиотеки состоят из двух видов продуктов: материальных (библиотечная или научная продукция) и нематериальных – услуг, предоставляемых библиотекой своим пользователям. Первый вид продукта обладает потенциальной возможностью удовлетворять потребности пользователей при наличии двух условий: если у конкретного пользователя возникает в них потребность и если к этим продуктам будет обеспечен доступ в виде услуги [1].

Рациональное использование потенциала электронной информации в интересах совершенствования библиотечного обслуживания невозможно без осмысления наиболее общих характеристик электронных информационных ресурсов. В их число обычно включают вид, назначение, свойства, содержание, лингвистическое обеспечение и форматы предоставления информации.

В общем случае под информационными ресурсами понимается вся совокупность сведений, получаемых и накапливаемых в процессе развития науки и практической деятельности людей для их многоцелевого использования в обществе. Информационные ресурсы отображают естественные процессы и явления, зафиксированные в результате научных исследований и разработок, других видов деятельности в различного рода документах, понятиях и суждениях. Получить доступ к такому массиву документов очень сложно из-за его расположения по различным

информационным службам и библиотекам, даже находящимся только на территории России.

Электронные информационные ресурсы способны максимально удовлетворять информационные запросы пользователей, предоставляя им эффективный способ доступа к разнообразным массивам информации.

В условиях автоматизации, развития интернет-технологий, услуги, а также библиотечная и научная продукция имеют возможность приобретать новое качество, они могут быть перенесены в электронную среду, и к ним может быть организован доступ потенциально неограниченному кругу пользователей, как внутри библиотеки, так и вне ее стен.

Доступ к электронным информационным ресурсам – это процесс взаимодействия пользователя с электронными ресурсами, хранимыми, приобретаемыми для использования или создаваемыми в библиотеке, через телекоммуникационные сети или путем прямого обращения к компьютеру. Открытый доступ в электронной онлайн-среде – свободный, бесплатный, оперативный и стабильный доступ к полному тексту научных материалов посредством Интернет. Его отличает отсутствие каких-либо ограничений на использование материалов по национальному, географическому или ведомственным признакам [2].

Электронная услуга или служба электронной информации – это услуга, предназначенная для удовлетворения информационных потребностей пользователя, который имеет компьютер или электронную форму представления. Таким образом, электронная услуга связана с предоставлением электронного документа или в качестве варианта перевода его в обычную бумажную форму. Задачи электронных услуг заключаются в повышении надежности и улучшении функционирования систем общественных услуг, обеспечении широких слоев населения информацией и услугами.

Выделяют следующие формы услуг предоставления во временное пользование электронных документов: открытые ресурсы Интернет, сетевые документы удаленного доступа, выдача оптических компакт-дисков, документы электронной библиотеки. В подавляющем большинстве российских научных библиотек присутствует услуга доступа к открытым ресурсам Интернет и доступа к компакт-дискам. Эти услуги предоставляются только локальным пользователям [3].

Совсем недавно трудно было представить, что читатель в библиотеке сможет получать доступ к полнотекстовым электронным ресурсам, не верилось, что пользователь, без физического присутствия может совершить, например, экскурсию по библиотеке, онлайн заказать читательский билет, задать вопрос библиотекарю и посмотреть виртуальную выставку. С помощью автоматизации библиотечной информации на сегодняшний день это стало привычным явлением.

Расширение и развитие услуг, предоставляемых в электронной среде, наличие обратной связи с пользователями, нахождение библиотеки в сетевом

пространстве, способно направить по новому пути существующие взгляды на роль и возможности развития библиотек.

Список литературы

1. Гирсберг, Д. Библиотека будущего – какая она? / Д. Гирсберг // Библиотечное дело. – 2013. – № 22. – С.1.
2. Майстрович, Т.В. Автоматизированная библиотека: достижения, новации, перспективы: практическое пособие / Т.В. Майстрович. – М: Издательство «Журнал библиотека», 2013. – 480 с.
3. Савкина, С.В. Электронные выставки библиотек: технологии подготовки и оценки качества: учеб.-практич. пособие / С.В. Савкина. – М.: Литера, 2016. – 120 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция «Механика твердого тела»

<i>Балаклицкая Т.В., Горр Г.В.</i> Свойства равномерных вращений гиростата под действием потенциальных и гироскопических сил	5
<i>Бартошик Н.В., Щепин Н.Н.</i> Изучение устойчивости положения равновесия одной замкнутой системы твердых тел	6
<i>Горбунова Ю.С., Мазнев А.В.</i> Один случай интегрируемости уравнений движения гиростата при наличии трех инвариантных соотношений общего вида	9
<i>Демидова О.А., Зыза А.В.</i> Обобщение уравнений Н. Ковалевского в задаче о движении твердого тела в магнитном поле с учетом эффекта Барнетта-Лондона	11
<i>Платонова Е.С., Зыза А.В.</i> Математическое моделирование. история развития	13
<i>Полежаева Е.С., Мазнев А.В.</i> Два линейных инвариантных соотношения в задаче о движении тяжелого неавтономного гиростата	15
<i>Шенцова В.В., Горр Г.В.</i> О равномерных вращениях гиростата относительно наклонной оси в магнитном поле с учетом эффекта Барнетта-Лондона	17

Секция «Механика деформируемых сред»

<i>Бондаренко Н.С.</i> Применение метода И. Н. Векуа для исследования состояния изгиба изотропных пластин с теплоизолированным разрезом	19
<i>Глушанков Е. С., Калоеров С. А.,</i> Действие линейного потока тепла в пластине из пьезоматериала	21
<i>Загородняя А.В., Братчун В.И.</i> Анализ напряженно-деформированного состояния дорожного покрытия	23
<i>Занько А. И., Калоеров С. А.</i> Действие сосредоточенных сил в многосвязной анизотропной плите	25
<i>Занько А. И., Калоеров С. А.</i> Изгиб многосвязной плиты под действием нагрузки распределенной по основанию	27
<i>Кареев К.С., Гольцев А.С.</i> Моделирование сосредоточенных температурных воздействий в тонкостенных элементах конструкций	29
<i>Парамонов К.А., Сторожев В.И.</i> Анализ модели анизотропного функционально-градиентного гидроакустического экрана с жидкостной прослойкой	31
<i>Сидаш О.Ю., Сторожев В.И.</i> Нелинейное ангармоническое взаимодействие нормальных крутильных волн из различных мод дисперсионного спектра трансверсально-изотропного цилиндра	33
<i>Сторожев С.В.</i> Нечетко-множественный анализ влияния разброса физико-механических и геометрических параметров при исследовании концентрации напряжений в пластинах с эллиптическими отверстиями	35
<i>Телевной А.С., Сторожев В.И.</i> Модифицированная численно-аналитическая методика анализа распространения упругой волны сдвига по звену меандрового волновода	37

Секция «Информационные системы управления»

<i>Боровец И.Е., Андриенко В.Н.</i> Совершенствование таможенной службы на основе информационных технологий	39
<i>Величанский В.А., Андриенко В.Н.</i> Роль и значимость информационного обеспечения в управленческой деятельности региональных субъектов хозяйствования	41

<i>Митрохина Е.А.</i> Оценка эффективности использования информационных систем	44
<i>Лавриненко Т.В., Гизатулин А.М.</i> Особенности управления портфелем ИТ-стратегий агропредприятия	47
<i>Черкесова К.И.</i> О преимуществах использования интеллект - карт при проектировании информационной среды вуза	50

Секция «Математический анализ и дифференциальные уравнения»

<i>Зоренко А.Ю., Лиманский Д. В.</i> Условия подчиненности для систем минимальных дифференциальных полиномов в пространствах с равномерной нормой	52
<i>Кракова А.И., Волчков Вит.В.</i> Аналог теоремы единственности Ф. Йона на гиперболической плоскости	54
<i>Кузьмина А.А., Волчков В.В.</i> Локальная версия проблемы Помпейю для случая ромба	56
<i>Манов А. Д., Заставный В. П.</i> Положительная определённость функций специального вида	58
<i>Фурсова Т.А., Иванов А.Ю.</i> О классификации типов олимпиадных задач по методам их решения	60

Секция «Прикладная математика, информационные технологии и управление»

<i>Голуб Д.В., Шевцов Д.В.</i> Расчет параметров стационарной защиты (стены, покрытия, двери и т.д.) от ионизирующего излучения при проектировании и реконструкции рентгеновских кабинетов	62
<i>Горбачёв В.А., Пачева М.Н.</i> Применение асимметричных методов шифрования и электронно-цифровой подписи для защиты электронного паспорта с разграниченными правами доступа	64
<i>Григоренко В.А., Шевцов Д.В.</i> О существующих проблемах, связанных с разработкой систем автоматического распознавания образов	65
<i>Киселёв Ф.В., Шевцов Д.В.</i> Разработка системы автоматизации обработки технической документации, содержащей данные в таблицах	67
<i>Максимова А.Ю.</i> формальная постановка задачи идентификационной экспертизы	69
<i>Плешкова О.А., Шевцов Д.В.</i> К вопросу моделирования систем управления транспортным потоком	71
<i>Пирогова Д.Д., Александрова О.В.</i> Модели решения функциональных и вычислительных задач	74
<i>Помогаева Е.В., Блохин С.В.</i> Создание программного продукта для определения характеристик образов звуковых волн	76
<i>Прокопенко Д.А., Цванг В.А.</i> Разработка учебных курсов в системе дистанционного обучения с использованием облачных сервисов	78

Секция «Теория вероятностей и математическая статистика»

<i>Карташова А.С., Гладкова Л.А.</i> Применение случайных величин для управления кредитными рисками	81
<i>Курилина Ю.О., Бондарев Б.В.</i> Об оценке неизвестного параметра в слабом сигнале	84
<i>Майорова С.А., Бондарев Б.В.</i> Про большие отклонения при усреднении в краевой задаче для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка, находящегося под воздействием быстрых случайных осцилляций	87

<i>Максимкина А.Ю., Дзундза А.И.</i> Байесовский подход к оцениванию доверительного страхового взноса	89
<i>Мельничук Н.Ю., Бондарев Б.В.</i> О доверительном интервале для неизвестного параметра при коэффициенте сноса уравнения, возмущенного винеровским полем	90
<i>Пола А.В., Бондарев Б.В.</i> Исследование поведения параметрических статистик	92
<i>Ратникова А.Н., Шурко Г.К.</i> Статистическое моделирование технологического процесса	94
<i>Сайфутдинова Н.В., Бондарев Б.В.</i> Численные методы в задачах актуарной и финансовой математики	95
<i>Тюканько Е. А., Бондарев Б.В.</i> Об одной задаче Р. Мертона	98
<i>Хмелина М.И., Бондарев Б.В.</i> О вероятности неразорения страховой компании, работающей на (В, S)-рынке для обобщенной модели Кларка	100
<i>Щепетнёва А.В., Бондарев Б.В.</i> Об одной модели портфельного инвестирования	103

**Секция «Физика неравновесных процессов,
метрология и экология»**

<i>Гордиенко А.В., Пильненко А.К., Заплетников И.Н.</i> Экологический мониторинг взбивальной машины ВМ-10	106
<i>Котенко А.А., Шило И.Н.</i> Снижение негативного воздействия на окружающую среду путем уменьшения выбросов канцерогенных веществ при термической переработке твердых бытовых отходов	109
<i>Толстых А.С., Погребняк А.В.</i> Гидравлическое сопротивление зернистого катализатора П-5	111
<i>Фалько А.Л., Шамота В.П.</i> Виброконвейер для транспортировки вверх сыпучих грузов	113
<i>Ярошева А.И.</i> Социально-политические и морально-правовые аспекты экологических проблем	115

Секция «Теоретическая физика и нанотехнологии»

<i>Алиев А.М.</i> Магнитокалорический эффект в циклических магнитных полях	118
<i>Беличко Д.Р., Милославский А.Г.</i> Влияние давления компактирования на упругие свойства керамики на основе диоксида циркония	119
<i>Бойло И.В.</i> Эффект резистивных переключений в лантан кальциевом манганите: влияние нелинейной взаимосвязи между локальным сопротивлением и концентрацией кислородных вакансий	122
<i>Галинский М.К., Румянцев В.В.</i> Распределенное фокусирование лазерного излучения	124
<i>Гончаренко А.А., Назарова А.В.</i> Основные тенденции создания современных бетонов с высокими эксплуатационными свойствами	127
<i>Гуменник К.В., Федоров С.А., Румянцев В.В.</i> Влияние упругой деформации на поляритонный спектр 1D решетки микропор	129
<i>Гуров Д.А., Федоров С.А., Румянцев В.В.</i> Электромагнитные возбуждения в неидеальной 1D решетке микропор	132
<i>Дояр М.И., Метлов Л.С., Ткаченко В.М.</i> Двухмодовые структуры твердых тел, полученные при мегапластической деформации	135
<i>Загородняя А.В., Братчун В.И.</i> Анализ напряженно-деформированного состояния дорожного покрытия	138

<i>Запорожец В.Д., Грибанов И.Ф., Вальков В.И.</i> Влияние давления на фазовые превращения в магнитокалорических сплавах системы $Mn_{1-x}Cr_xNiGe$	140
<i>Зозуля А.П., Александров В.Д.</i> Построение неравновесной диаграммы состояния олово-свинец	143
<i>Ивахненко Н.Н., Пушенко Е.И., Варюхин В.Н., Пашинская Е.Г., Ткаченко В.М., Самойленко З.А.</i> Эволюция структуры в малоуглеродистой проволоке под действием интенсивного волочения	144
<i>Каманцев А.П., Коледов В.В.</i> Твердотельная каскадная система криомагнитного охлаждения	146
<i>Кириченко В.И., Петренко А.Г., Шемченко Е.И.</i> Исследование структуры углеродных плёнок, легированных оксидом европия, на основе ИК-спектров поглощения	148
<i>Кладько Д.В., Легенький Ю.А.</i> Влияние постоянного магнитного поля на захват магнитных наночастиц и жизнедеятельность <i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	150
<i>Комиссаров Н.Н., Милославский А.Г.</i> Получение тонких пленок методом магнетронного распыления	152
<i>Кононенко В.В., Варюхин В.Н.</i> Реакция транспортных характеристик нанокмполитов диборид магния – манганит на гидростатическое сжатие	155
<i>Лихтенштейн И.Я., Петренко А.Г., Шемченко Е.И.</i> Кубиты, физическая реализация	157
<i>Несова Е.В., Барбашов В.И.</i> Влияние фазового состава и эффектов структурного упорядочения на электропроводность керамики системы $ZrO_2 - Sc_2O_3$	159
<i>Паладян Ю.А., Румянцев В.В.</i> Эффекты распространения электромагнитных возбуждений в несовершенных кристаллических сверхрешетках и наноструктурах ..	161
<i>Паладян Ю.А., Безус А.В.</i> Эффекты распространения электромагнитных возбуждений в неоднородной квазидвумерной 1D-структуре	164
<i>Пилипенко Е.А., Троицкая Е.П., Горбенко Е.Е.</i> Уравнение состояния сжатого кристаллического неона	167
<i>Пожалов В.А., Петренко А.Г., Шемченко Е.И.</i> Изучение зависимости морфологии и структуры пленок нитрида углерода, легированных редкоземельными металлами, от условий получения	170
<i>Рыбалка А.Е., Румянцев В.В.</i> Дисперсия поляритонов в 2D массиве квантовых точек... ..	173
<i>Хачатурова Т.А.</i> Два необходимых условия упругого туннелирования в туннельных контактах	175
<i>Хащеватская Н.В., Шатохин С.В., Вишняков А.В., Стариков Г.П.</i> Исследование содержания протонов адсорбированной и химически связанной воды по параметрам интенсивности и ширины спектра ЯМР	177
<i>Чевычелова Т.А., Овчинников О.В.</i> Распространение электромагнитных возбуждений в неидеальной цепочке микрорезонаторов с квантовыми точками	180
<i>Червинский Д.А., Шелест В.В.</i> Расчет спектров рамановского рассеяния света на четырехузельных спиновых кластерах	182
<i>Червинский Д.А., Шелест В.В.</i> Аспекты исчисления внешних дифференциальных форм и особенности их применения в термодинамике	186

Секция «Радиофизика и инфокоммуникационные технологии»

<i>Данькина В.В., Данькин К.В., Данькина И.А.</i> Необходимость внедрения информационных технологий в медицинские учреждения	189
<i>Джанджгава К.Г., Малащенко В.В.</i> Динамика краевых дислокаций в условиях лазерного облучения состаренных сплавов	190
<i>Ефимович А.П., Павлов М.Л., Мазаев Г.В., Данилов В.В., Ступак В.А.</i> Влияние нагрузочного импеданса на третьей гармонике и выходной емкости транзистора на кпд усилителя класса F_3	193

<i>Ефимович А.П., Мазаев Г.В., Клеба А.В., Данилов В.В.</i> Нагрузочная цепь для инверсного усилителя класса F_2	196
<i>Жинкина А.С., Безус А.В.</i> Детектор радиозакладок	199
<i>Костенков В.С., Кожекина Е.Н.</i> Кодирование речевой информации методом амплитудно-фазовой конверсии в оптическом канале связи	201
<i>Перепелкин И.Н., Дунаев Р.А.</i> Метод определения углового положения источников радиоизлучения шумоподобных сигналов	204
<i>Третьяков И.А., Шалаев А.В., Данилов В.В.</i> Функции сложности для выделения и распознавания характерных участков экспериментальных кривых	206

Секция «Общая физика и дидактика физики»

<i>Дыдалева Н.В., Шолох В.Г.</i> Модульное обучение как средство самоподготовки и самоконтроля знаний по разделу «Электростатика»	208
<i>Казакова М.А., Шолох В.Г.</i> Интерактивные методы как средство устранения трудностей при изучении векторных величин в физике	211
<i>Корнеева М.А., Головчан А.В.</i> Использование языка <i>Scratch</i> для оживления урока физики	214
<i>Ларионов Д.И., Губский В.И., Бешевли Б.И.</i> Системный подход к лекционным демонстрациям по физике	217
<i>Сватуха О.А., Шитов А.А.</i> Применение теории размерности к решению физических задач	219
<i>Чебанова В.А., Бондарь Е.Д.</i> Создание короткометражного мультфильма к разделу «Молекулярная физика»	220
<i>Шаргородская О.А., Безус А.В.</i> Определение оптических свойств кристаллов поляризационным методом	222
<i>Юдина В.С., Пустынникова И.Н.</i> Физика на кухне	224

Секция «Компьютерные технологии»

<i>Дорохина Г.В., Логвинова С.В., Мартыненко А.М.</i> Автоматический поиск документальной информации на основе индексирования	227
<i>Парахневич А.С., Дерюжкова О.М.</i> Использование баз ядерно-физических данных при исследовании гигантских дипольных резонансов	229
<i>Пикалёв Я.С., Шелепов В.Ю.</i> Исследование программного комплекса распознавания речи Kaldi Asr	232
<i>Полищук И.Н., Котенко Ю.В., Котенко В.Н.</i> Технология использования средств компьютерного зрения и голосового управления для помощи слабовидящим людям	234
<i>Ревенок М.А., Дерюжкова О.М.</i> Разработка сайта «Модели атомных ядер»	237
<i>Решетов И.В., Котенко В.Н., Ермоленко Т.В.</i> Повышение эффективности распределения учебной нагрузки кафедры и формирования индивидуальных планов работы преподавателей на основе применения современных информационных технологий ...	240
<i>Черкашин Е.И., Котенко В.Н., Ермоленко Т.В.</i> Модель удаленного управления бюджетным мобильным роботом телеприсутствия на основе клиент-серверного приложения	243
<i>Ярцева М.Ю., Туранина Н.А.</i> Электронные информационные ресурсы и пользователи библиотек	246

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ДОНЕЦКИЕ ЧТЕНИЯ 2017:
РУССКИЙ МИР КАК ЦИВИЛИЗАЦИОННАЯ ОСНОВА
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО И КУЛЬТУРНОГО
РАЗВИТИЯ ДОНБАССА**

Материалы
Международной научной конференции
студентов и молодых ученых

17–20 октября 2017 г.,
г. Донецк

**ТОМ 1
Физико-математические
и технические науки**

под общей редакцией *С.В. Беспаловой*

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 29.09.2017 г.
Формат 60×84/16. Бумага офисная.
Печать – цифровая. Усл.-печ. л. 14,8.
Тираж 300 экз. Заказ № 17окт123/1.
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.