

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



МАТЕРИАЛЫ V Международной научной конференции

**Донецкие чтения 2020:
образование, наука, инновации,
культура и вызовы современности**

Том 1

Донецк
17 – 18 ноября 2020 г.

**Физико-математические
и технические науки. Часть 2**

Уважаемые коллеги!



Ставшая уже регулярной полitemатическая V Международная научная конференция «Донецкие чтения: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности», которая в нынешнем 2020 году проводится Донецким национальным университетом в дистанционной форме, приобретает все больший интерес в отечественном и зарубежном научно-образовательном пространстве. Постоянно расширяется состав ее участников, перечень выносимых на обсуждение проблем, тематика научных презентаций.

Спектр представляемых на конференции исследований позволяет констатировать дальнейшее расширение областей сотрудничества, творческого взаимодействия и научных обменов, а также качественное углубление интеграционных связей ученых и педагогов университета, научных организаций – участников академического консорциума «Научно-образовательный и инновационный комплекс ДонНУ», а также всей отрасли науки и образования Донецкой Народной Республики с научно-образовательным сообществом Русского Мира. Все более интенсивными, насыщенными и плодотворными становятся наши творческие контакты с учеными множества зарубежных государств.

Сборник трудов конференции является 9-томным изданием, включающим 13 книг. Свои доклады на конференцию по результатам выполненных фундаментальных и прикладных исследований в области актуальных проблем естественно-математических, технических и социально-гуманитарных наук прислали известные специалисты и молодые ученые из многочисленных научно-образовательных организаций, представляющие помимо Донецкой и Луганской Народных Республик – Российскую Федерацию, Республику Южная Осетия, Приднестровскую Молдавскую Республику, Республику Узбекистан, Социалистическую Республику Вьетнам. Как и в предшествующие годы, значительная часть освещаемых в докладах результатов является плодом совместных исследований международных научных коллективов.

Обращаясь с пожеланиями успешной работы конференции хочу выразить мнение, что ее проведение бесспорно будет способствовать решению новых важнейших фундаментальных и прикладных задач научного познания, внесет свой вклад в инновационное развитие, в дальнейшее укрепление творческих контактов ученых, педагогов, деятелей культуры и искусства стран-участниц!

Ректор,
доктор физико-математических
наук, профессор

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "С.В. Беспалова".

С.В. Беспалова

Министерство образования и науки
Донецкой Народной Республики

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Донецкий национальный университет»

V Международная научная конференция

Материалы
конференции

Том 1

**ФИЗИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ
НАУКИ**

Часть 2

**Донецкие чтения
2020:
образование, наука,
инновации, культура
и вызовы
современности**

г. Донецк
17-18 ноября 2020 г.

Донецк
Издательство ДонНУ
2020

ББК Б.я431+397я431
УДК 53+62+004(043.2)
Д672

Редакционная коллегия:

С.В. Беспалова (главный редактор), М.В. Фоменко (отв. секретарь),
В.А. Дубровина, В.И. Сторожев, А.Ю. Собко, С.А. Фоменко, П.В. Асланов

Д672 Донецкие чтения 2020: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы V Международной научной конференции (Донецк, 17-18 ноября 2020 г.). – Том 1: Физико-математические и технические науки. Часть 2 / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2020. – 306 с.

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

Во вторую часть первого тома материалов V Международной научной конференции «Донецкие чтения 2020: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности» вошли исследования по актуальным проблемам физико-математических и технических наук. Рассматриваются вопросы физики неравновесных процессов, стандартизации и метрологии, прикладной экологии, теоретической физики и нанотехнологий, радиофизики, инфокоммуникационных и компьютерных технологий.

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

ББК Б.я431+397я431
УДК 53+62+004(043.2)

© Коллектив авторов, 2020

© Донецкий национальный университет, 2020

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, главный научный сотрудник Института государства и права РАН, Президент Международной славянской академии наук, образования, искусств и культуры, Президент Ассоциации юридических вузов (г. Москва)

Члены программного комитета:

Аваков С.Ю., д-р экон. наук, профессор, ректор Таганрогского института управления и экономики (г. Таганрог)

Андреев Д.А., канд. ист. наук, доцент, заместитель декана по научной работе исторического факультета Московского государственного университета (г. Москва)

Аноприенко А.Я., канд. техн. наук, профессор, ректор Донецкого национального технического университета (г. Донецк)

Беспалова Т.В., д-р филос. наук, руководитель Отдела государственной культурной политики Российского научно-исследовательского института культурного и природного наследия имени Д.С. Лихачева (г. Москва)

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

Воронова О.Е., д-р филол. наук, профессор, профессор кафедры журналистики, руководитель Есенинского научного центра Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина, член Общественной палаты Российской Федерации, член Союза писателей и Союза журналистов России (г. Рязань)

Зайченко Н.М., д-р техн. наук, профессор, ректор Донбасской национальной академии строительства и архитектуры (г. Макеевка)

Качалов Р.Н., и.о. ректора ГОУ ВПО «Донецкая государственная музыкальная академия имени С.С. Прокофьева» (г. Донецк)

Кишкин Р.В., председатель Государственного комитета по экологической политике и природным ресурсам при Главе Донецкой Народной Республики (г. Донецк)

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

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

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

Нечаев В.Д., д-р полит. наук, ректор Севастопольского государственного университета (г. Севастополь)

Полищук В.С., д-р техн. наук, директор ГУ «Научно-исследовательский институт «Реактивэлектрон» (г. Донецк)

Половян А.В., д-р экон. наук, профессор, Министр экономического развития Донецкой Народной Республики, и.о. зав. кафедрой менеджмента Донецкого национального университета (г. Донецк)

Приходько С.А., канд. биол. наук, ст. науч. сотр., директор ГУ «Донецкий ботанический сад» (г. Донецк)

Решидова И.Ю., канд. физ.-мат. наук, и.о. директора ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина» (г. Донецк)

Рябичев В.Д., д-р техн. наук, профессор, ректор Луганского национального университета имени Владимира Даля (г. Луганск)

Савоськин М.В., канд. хим. наук, ст. науч. сотр., директор ГУ «Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко» (г. Донецк)

Скафа Е.И., д-р пед. наук, профессор, проректор по научно-методической и учебной работе Донецкого национального университета (г. Донецк)

Соболев В.И., д-р биол. наук, профессор кафедры здоровья и реабилитации Крымского Федерального университета им. В.И. Вернадского (г. Ялта)

Сторожев В.И., д-р техн. наук, профессор, проректор по научной и инновационной деятельности Донецкого национального университета (г. Донецк)

Тедеев В.Б., канд. техн. наук, профессор, ректор Юго-Осетинского государственного университета имени А.А. Тибилова (г. Цхинвал)

Третьяков В.Т., профессор, декан Высшей школы телевидения Московского государственного университета (г. Москва)

Шемякина Н.В., канд. экон. наук, доцент, и.о. директора ГУ «Институт экономических исследований» (г. Донецк)

ФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Физика неравновесных процессов

УДК 669.18:001.891.54

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АГРЕГАТЕ КОВШ-ПЕЧЬ

Беззуб А.А., Недопёкин Ф.В., д-р техн. наук, проф.,

Бондаренко В.И., канд. техн. наук, доц., **Бодряга В.В.**

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

aabzzz95@mail.ru

Введение. Агрегат ковш-печь (АКП) – это важное звено в единой технологической схеме с дуговыми печами, конвертерами и мартенами для доведения металла в ковше до заданной температуры и химического состава. Изучаемый агрегат позволяет наиболее рационально управлять процессом формирования физико-химического состояния расплава для получения высококачественной стали с заданным химическим составом и свойствами. Существует ряд проблем, решение которых существенно влияет на качество металла и износостойкость самого агрегата. Решение этих проблем с помощью лабораторного или промышленного эксперимента не эффективно и затратно. Поэтому целью данной работы является формулировка математической модели и вычислительного алгоритма расчета процессов в АКП.

Алгоритм построения математической модели. Гидродинамические и теплофизические процессы в сталеразливочном ковше описываются [1]:

Уравнением теплопроводности:

$$c\rho \left[\frac{\partial T}{\partial t} + \left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} \right) \right] = \lambda \Delta T. \quad (1)$$

Уравнением Навье-Стокса в компонентах и уравнением неразрывности:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial uw}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right); \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial vw}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right); \quad (3)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial uw}{\partial x} + \frac{\partial vw}{\partial y} + \frac{\partial w^2}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + \nu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) + \vec{g} \beta \Delta T + \vec{g} \beta_\Gamma; \quad (4)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \quad (5)$$

где с – теплоемкость при $P=\text{const}$, Дж/кг; ρ – плотность расплава, кг/м³; Т – текущая температура, °C; t – текущее время; u , v , w – компоненты скорости вдоль координат x, y, z , м/с; λ – коэффициент теплопроводности, Дж/кг К; P – давление, Н/м²; g – ускорение свободного падения, м/с²; β – коэффициент объемного расширения, 1/К; β_g – коэффициент газосодержания [2].

На всех внутренних стенках АКП выполняются условия прилипания и непроницаемости для компонент скорости. Между теплоизолирующими слоями стенок АКП, выполняются граничные условия 4-го рода:

$$\lambda_i \frac{\partial T}{\partial n} = \lambda_{i+1} \frac{\partial T}{\partial n}, \quad T_i = T_{i+1}, \quad (6)$$

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

На внешней границе стенок АКП выполняются граничные условия:

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = -\alpha(T_b - T_{cp}), \quad (7)$$

T_b – температура брони; T_{cp} – температура окружающей среды; α – коэффициент теплообмена (находится по формуле М.А. Михеева [3]).

В основе метода решения лежит «двуухполевой метод» или вихрь ω – функция тока ψ . Из уравнений (2) – (4) путём математических преобразований исключается давление. Обычно вектор вихря определяется:

$$\omega = \nabla \times \vec{V}; \quad (8)$$

или (в покомпонентной записи через орты i, j, k) в виде: $\omega = \omega_x \vec{i} + \omega_y \vec{j} + \omega_z \vec{k}$,

$$\text{где } \omega_x = \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z}; \quad \omega_y = \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x}; \quad \omega_z = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}. \quad (9)$$

Решается уравнение для вихря скорости [1]. Значения скорости определяются из решений трех уравнений Пуассона, которые легко выводятся из уравнения неразрывности (5) с учетом определения вихря скорости (8)

— $\nabla^2 \vec{V} = \nabla \times \omega$, или в скалярной форме:

$$\Delta u = \frac{\partial \omega_z}{\partial y} - \frac{\partial \omega_y}{\partial z}; \quad \Delta v = \frac{\partial \omega_x}{\partial z} - \frac{\partial \omega_z}{\partial x}; \quad \Delta w = \frac{\partial \omega_y}{\partial x} - \frac{\partial \omega_x}{\partial y}; \quad (10)$$

Границные условия для вихря скорости:

— условия непроницаемости и прилипания при $x = \text{const}$ с учетом условий (9) записываются в виде: $\omega_x = 0$; $\omega_y = -\partial w / \partial x$; $\omega_z = -\partial v / \partial x$;

— условия непроницаемости и прилипания при $y = \text{const}$:

$$\omega_x = \partial w / \partial y; \quad \omega_y = 0; \quad \omega_z = -\partial u / \partial y;$$

— условия непроницаемости и прилипания при $z = \text{const}$:

$$\omega_x = -\partial v / \partial z; \quad \omega_y = \partial u / \partial z; \quad \omega_z = 0;$$

Наиболее универсальным методом решения уравнений переноса, применяемым для широкого класса краевых задач, является метод конечных разностей (метод сеток). В данном методе область непрерывного изменения аргумента заменяется конечным дискретным множеством точек (узлов), образующих пространственно-временную разностную сетку [5]. Применение неявной разностной схемы для уравнений переноса дает возможность повысить устойчивость алгоритма, а также увеличить допустимые значения шага Δt . При переходе к неявным аппроксимациям время счета на каждом слое возрастает, а общий расчет машинного времени сокращается из-за уменьшения числа расчетных слоев. Неявные схемы имеют более сложную конструкцию в сравнении с явными, поэтому требуют дополнительного внимания в изучении. Они перспективны в первую очередь для решения стационарных задач по методу установления [6], а также при расчете крупномасштабных нестационарных процессов, когда выбор большого шага по времени не противоречит физическому смыслу. Наиболее эффективные неявные методы, основаны на идее экономичных методов [5], позволяющих свести решение многомерных задач к решению последовательности одномерных задач, записанных в форме возмущенного оператора и разности против потока [1].

Заключение. В данной работе представлен универсальный метод моделирования гидродинамических и тепломассообменных процессов в ванне агрегата ковш-печь. Это позволит снизить экономические затраты при плавке металла, а также улучшить свойства конечного продукта путем прогнозирования результатов. На данном этапе идёт тесное сотрудничество со специалистами Енакиевского металлургического завода по поводу изучения футеровочного слоя АКП.

Список литературы

1. Лейбензон В.А. Затвердевание металлов и металлических композиций / В.А. Лейбензон, Ф.В. Недопекин, В.В. Белоусов и др. – Киев: «Наукова думка», 2009. – С 265-272.
2. Белоусов В.В. Численное моделирование процессов перемешивания при продувке ванны агрегата «ковш-печь» / В.В. Белоусов, Е.И.Куликов, В.Ф.Комаров // Математичне моделювання № 2 (17), 2007. – С.61-63.
3. Белоусов В.В. Основы тепломассопереноса и теплофизика замкнутых объемов / В.В. Белоусов, Н.И. Болонов //Юго-Восток, 2003. – 135 с.
4. Белоусов В.В. Математическая модель гидродинамических и тепломассобменных процессов в агрегате ковш – печь / В.В.Белоусов, В.И.Бондаренко, Ф.В.Недопекин и др. // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2017. – №1. – С. 20-27.
5. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики / А.Н.Тихонов, А.А.Самарский. – М., Наука. – 1977. – 736 с.
6. Белоусов В.В. Затвердевание металлических композиций: производство и моделирование / В.В. Белоусов, Ф.В. Недопекин, В.А.Лейбензон и др. – Донецк, ООО «Юго-Восток», ЛТД, 2005. – 231 с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ВИДЕ ПОЛИНОМОВ, ЗАВИСЯЩИХ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРОЦЕССА

Бодриага В.Е., Толстых В.К., д-р физ.-мат. наук, проф.
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
v.bodriaga@donnu.ru

Введение. При моделировании теплофизических процессов зачастую приходится идентифицировать параметры модели, зависящие от температуры процесса. Традиционно такие параметры представляют в виде алгебраических полиномов, зависящих от температуры. Задача моделирования сводится к идентификации коэффициентов этих полиномов.

К сожалению, не большое число публикаций доводит решение этой задачи до конца. Как правило, отсутствуют исследования влияния степени полиномов на результаты моделирования и практические тестовые расчеты, демонстрирующие достоверность и точность восстановления коэффициентов полиномов.

Цель работы – анализ результаты восстановления коэффициентов полиномов температуропроводности различных порядков.

Основная часть. Для поиска оптимальных значений параметров уравнений формулируются задачи параметрической идентификации.

Рассматриваются установившиеся тепловые процессы в непрерывном цилиндрическом слитке. Моделирование проводилось посредством следующей схемы [1]:

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

$$T \Big|_{\substack{0 \leq r \leq R \\ z=0}} = T_0, \quad \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{\substack{r=0 \\ 0 < z < Z}} = 0,$$

$$T \Big|_{\substack{r=R \\ 0 \leq z \leq z_c}} = T_C, \quad a \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{\substack{r=R \\ z_c < z \leq Z}} = -\alpha' (T - T_v), \quad (2)$$

где V – скорость литья, T – температура слитка, a – эффективный коэффициент температуропроводности, R – эффективный радиус слитка, Z – длина вертикальной части МНЛЗ, T_C – температура слитка в зоне кристаллизатора, T_0 – температура заливаемого в установку металла, z_c – нижняя граница кристаллизатора, T_v – температура охладителя в зоне

вторичного охлаждения (ЗВО), $\alpha' = \frac{\alpha}{c\rho}$, α – коэффициент теплоотдачи в

ЗВО, c – теплоемкость, ρ – плотность.

Эффективный коэффициент температуропроводности идентифицируется в виде полиномиальной зависимости от температуры $a(T) = \sum_{i=0}^n c_i T^i$,

где вектор коэффициентов $\mathbf{c} = \{c_0, c_1, \dots, c_n\}$, который и необходимо найти из минимума расхождения модельной температуры T и экспериментально измеренной T_e на конкретной установке в виде:

$$J(\mathbf{c}) = \int_0^Z [T(r, z) - T_e(z)]^2 2\pi dz \rightarrow \min. \quad (3)$$

Предполагаем, что расчетные погрешности учитываются в значении эффективной температуропроводности a .

При решении задач такого типа возникает проблема масштабируемости [2-4].

Как показали расчёты температурных режимов по (1)-(2), коэффициенты вектора \mathbf{c} в степенном ряду $a(T)$, оказывают разное влияние на решение $T(r, z)$. Для выравнивания чувствительности модели (1)-(2) к искомым коэффициентам было выполнено следующее масштабирование [3]:

$$a \equiv a(T) = \sum_{i=0}^n \frac{1}{T_c^i} c_i T^i, \quad (4)$$

где $\frac{1}{T_c^i}$ – коэффициент масштабирования, T_c – характерная температура процесса – температура затвердевания слитка. В нашем случае принималась $T_c = T_{sol}$.

При этом задача идентификации модели (1)–(2) сводится к задаче параметрической идентификации вектора $\mathbf{c} = \{c_0, c_1, \dots, c_n\}$ размерности $n+1$.

Оптимальное значение вектора \mathbf{c} рассчитывается методом сопряженных градиентов:

$$\mathbf{c}^{k+1} = \mathbf{c}^k - b^k \nabla J(\mathbf{c}^k), \quad k = 0, 1, ..$$

где $\nabla J(\mathbf{c}^k)$ – градиент целевой функции (3) на итерации k , b^k – шаг метода.

Расчёты будут проводиться со следующими значениями величин: $V = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м}/\text{с}$, $R = 0,21 \text{ м}$, $Z = 7,28 \text{ м}$, $T_0 = 1799 \text{ К}$, $T_{sol} = 1709 \text{ К}$, $T_C = 1423 \text{ К}$, $z_c = 1 \text{ м}$, $T_h = 293 \text{ К}$.

В таблице 1 приведены результаты восстановления коэффициентов полиномов температуропроводности в модели (1), (2) при $n = 0..4$ (порядок восстанавливаемого полинома равен порядку полинома, используемого для восстановления (восстанавливающего)). Для поиска оптимальных значений коэффициентов использовался метод сопряженных градиентов, и результаты даны к моменту завершения итерационного процесса.

Таблица 1

Результаты восстановления коэффициентов полиномов эффективной температуропроводности

k	$J(\mathbf{c}^k)$					$\Delta^k = \ \mathbf{c}^k - \mathbf{c}_e\ $				
	$n = 0$	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 0$	$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
0	$5,303 \cdot 10^4$	$8,978 \cdot 10^4$	$1,030 \cdot 10^5$	$1,079 \cdot 10^5$	$1,099 \cdot 10^5$	$4,000 \cdot 10^{-6}$	$5,657 \cdot 10^{-6}$	$6,928 \cdot 10^{-6}$	$8,000 \cdot 10^{-6}$	$8,944 \cdot 10^{-6}$
5	$1,185 \cdot 10^{-13}$	$5,091 \cdot 10^{-3}$	$7,966 \cdot 10^{-1}$	1,575	$2,961 \cdot 10^{-1}$	$4,256 \cdot 10^{-15}$	$4,673 \cdot 10^{-8}$	$4,640 \cdot 10^{-7}$	$5,326 \cdot 10^{-7}$	$7,714 \cdot 10^{-8}$
10	---	$5,305 \cdot 10^{-7}$	$2,467 \cdot 10^{-3}$	$4,771 \cdot 10^{-2}$	$1,260 \cdot 10^{-4}$	---	$3,703 \cdot 10^{-10}$	$2,570 \cdot 10^{-8}$	$9,782 \cdot 10^{-8}$	$4,905 \cdot 10^{-9}$
15	---	$4,384 \cdot 10^{-11}$	$2,915 \cdot 10^{-6}$	$2,575 \cdot 10^{-5}$	$8,308 \cdot 10^{-9}$	---	$4,126 \cdot 10^{-12}$	$7,942 \cdot 10^{-10}$	$2,080 \cdot 10^{-9}$	$1,340 \cdot 10^{-9}$
20	---	---	$1,779 \cdot 10^{-10}$	$1,454 \cdot 10^{-8}$	---	---	---	$2,560 \cdot 10^{-10}$	$6,788 \cdot 10^{-10}$	---
25	---	---	---	---	$1,001 \cdot 10^{-9}$	---	---	--	$6,766 \cdot 10^{-10}$	---

Заключение. Из результатов расчетов, приведенных в табл. 1, видно, что с ростом степени обоих полиномов (восстанавливаемого и восстанавливающего) увеличивается число итерационных вычислений, которые при этом не приводят к увеличению точности искомых компонент вектора \mathbf{c} и сокращению целевой функции относительно первой итерации. Можно сделать вывод, что ввод коэффициента масштаба был необходим для решения поставленной задачи.

Список литературы

1. Огурцов А. П. Прямая оптимизация теплофизических процессов / А. П. Огурцов, Ф. В. Недопекин, В. К. Толстых, Н. А. Володин. – Донецк: Юго-Восток, 1997.– 150 с.
2. Толстых В.К. Идентификация теплофизических параметров в виде полиномов, зависящих от температуры / Ф. В. Недопекин, В. Е. Бодряга // Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика. – 2009. – Випуск №1. – С. 193-199.
3. Толстых В. К. Идентификация эффективного коэффициента температуропроводности в непрерывном слитке / В. К. Толстых, Ф. В. Недопекин, В. Е. Бодряга // X национальная конференция по металлургии (Болгария, г. Варна 28-31 мая, 2007 г.). – Варна, 2007.
4. Толстых В. К. Математическое моделирование теплофизических процессов непрерывной разливки металла / В. К. Толстых, В. Е. Бодряга // Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : матер. III Междунар. научн. конф. (Донецк, 25 октября 2018 г.). – Донецк: ДонНУ, 2018. – Т. 1: Физико-математические и технические науки. – С. 51-52.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФУЗИОННОЙ ПОДВИЖНОСТИ АТОМОВ Fe И P В АМОРФНОМ СПЛАВЕ Fe₈₃P₁₇

Вахмин С.Ю., канд. физ.-мат. наук, **Щербаков А.В.**

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, РФ
vax_serg@mail.ru

Одной из важных проблем физики неупорядоченных систем является изучение природы стеклования металлических материалов, выявление принципиальных различий между закономерностями организации атомной структуры расплава и металлического стекла. В работе [1] на примере модели железа показано, что аморфизация чистых металлов происходит путем образования и последующего роста переколяционного кластера из взаимопроникающих и контактирующих икосаэдров. Фрактальный кластер состоит из несовместимых с трансляционной симметрией икосаэдров, а в его построении задействовано большая часть всех атомов. Он сдерживает кристаллизацию, обеспечивая устойчивость аморфного состояния.

В отличие от чистых металлов в сплавах важную роль играет композиционный ближний порядок. Высокая склонность к стеклованию сплава Fe-P очевидно связана с формированием композиционного ближнего порядка в этой системе [2]. Формирование такой структуры происходит путем диффузационного перемещения атомов железа и фосфора в процессе закалки, как в жидкой, так и в аморфной фазах. Изучение этих процессов является важным этапом в построении законченной теории аморфизации металлических систем. В настоящей работе изучена кинетика диффузионных процессов перемещения атомов железа и фосфора в сплаве Fe-P, определены активационные параметры, контролирующие эти процессы.

Исходная молекулярно-динамическая модель жидкого расплава Fe₈₃P₁₇ была построена при температуре 2 300 К. В качестве исходной структуры была взята случайная плотная упаковка атомов. Модель содержала 100 000 атомов (83000 Fe, 17000 P) в основном кубе с периодическими граничными условиями. Взаимодействие пар Fe-Fe описывали с помощью эмпирического парного потенциала Пака-Доямы [4]. Предполагали, что пары P-P на малых расстояниях не встречаются [3], поэтому для описания взаимодействия между ними был выбран отталкивающий потенциал Борна-Майера [5] с универсальным подбором параметров [6]. Для взаимодействия Fe-P был выбран эмпирический парный потенциал Джонсона [7]. Атомам в начальный момент времени сообщались скорости в соответствии с распределением Maxwell'a. Методика молекулярно-динамического расчета состояла в численном интегрировании уравнений движения с временным шагом $1,523 \cdot 10^{-15}$ с по алгоритму Верле [8]. Система в изохорических условиях исследовалась в

диапазоне температур 1100÷1300 К с шагом 20 К. Измерение структурных характеристик системы производилось циклически через каждые $0,7615 \cdot 10^{-11}$ с. После каждого цикла систему переводили в состояние с $T=0$ К, затем рассчитывали среднеквадратичные смещения атомов.

В работе [1] установлено, что в изотермических условиях образование и последующий рост переколяционного кластера из икосаэдров в данной модели расплава Fe-P происходит только ниже критической температуры $T_g=1220$ К.

Были построены кинетические кривые среднеквадратичного смещения атомов. Их анализ показал, что при температурах ниже T_g , зависимость среднеквадратичных смещений атомов на начальных стадиях отжига носит нелинейный характер с постепенным выходом на установившийся режим. Появление неустановившейся стадии при температуре ниже T_g связано с переходом переохлажденного расплава в состояние металлического стекла и последующей релаксацией.

Анализ кинетики переходного процесса проведен в рамках модели спектра энергий активации [10] для необратимой структурной релаксации [9]. Согласно [9], структурную релаксацию можно представить как последовательность пространственно обособленных необратимых элементарных термоактивированных сдвиговых перестроек в определенных областях структуры – центрах релаксации с распределенными энергиями активации и избыточным свободным объемом [9]. После термоактивированного устранения стопора его свободный объем перераспределяется в объеме Ω , прилегающим к центру релаксации, увеличивая подвижность соседних атомов и активируя тем самым вторую стадию процесса – кооперативное смещение атомов в смежных областях [9]. Смещение характеристической энергии при изотермическом отжиге происходит вплоть до энергии, которая соответствует началу процесса кристаллизации.

В работе [1] была получена следующая зависимость среднеквадратичного смещения $\langle\Delta r^2\rangle$ атомов от времени изотермического отжига с учетом необратимой структурной релаксации и установившейся стадии:

$$\langle\Delta r^2\rangle = \delta r^2 n_0 \Omega k_B T \ln(t/\tau+1) + 6Dt, \quad (1)$$

где n_0 – исходная спектральная плотность центров релаксации; k_B – постоянная Больцмана; T – температура отжига; τ – время отжига, равное $0,7615 \cdot 10^{-11}$ с; D – коэффициент самодиффузии.

Первое слагаемое в (1) учитывает смещение атомов в результате актов структурной релаксации, второе слагаемое – классическое уравнение Эйнштейна. Проведенные аппроксимации позволили определить температурную зависимость коэффициента диффузии, которые как для атомов Fe, так и для атомов P хорошо описываются уравнением Аррениуса. При этом энергия активации самодиффузии E_s и предэкспоненциальный множитель D_0 при $T=T_g$ претерпевают скачок,

связанный с переходом переохлажденного расплава в состояние металлического стекла. Также были рассчитаны активационные параметры для переохлажденного расплава и для металлического стекла.

Таким образом, изучение подвижности атомов Fe и P в сплаве $Fe_{83}P_{17}$ ниже температуры стеклования позволило выявить два механизма диффузии, один из которых, являясь результатом актов структурной релаксации, носит монотонно затухающий характер. Второй механизм, ответственный за линейную зависимость среднеквадратичного смещения атомов Fe и P от времени, находится в полном соответствии с классическим уравнением Эйнштейна. Выше температуры Tg диффузия атомов Fe и P происходит только в соответствии с классическим уравнением Эйнштейна.

Список литературы

1. Евтеев А.В. Кинетика нуклеации в чистых аморфных металлах / А.В. Евтеев, А.Т. Косилов, Е.В. Левченко, О.Б. Логачев. – С. 35-42.
2. Евтеев А.В. Атомный ближний порядок в аморфных металлических сплавах системы железо-углерод / А.В. Евтеев, А.Т. Косилов, Е.В. Левченко // Известия РАН, Серия физическая. 2002. – Т.66. – № 6. – С.802-805.
3. Островский О.И. Свойства металлических расплавов / О.И. Островский, В.А. Григорян, А.Ф. Вишканов. – М.: Металлургия, 1988. – 304 с.
4. Pak H. M., Doyama M. // J. Fac. Univ. Tokio. B. – 1969. – V. 45. – P. 305.
5. Born M., Mayer J. E. // Z. Phys. – 1932. – V. 75. – P. 1.
6. Andersen H. H., Sigmund P. // Nucl. Instrum. Methods. – 1965. – V. 38. – P. 238.
7. Beeler J.R., Jr. The Role of the Computer Experiments in Material Research // Adv. Mater. Res. – 1970. – V. 4. – P. 295.
8. Verlet L. // Phys. Rev. – 1967. – V. 159. – P. 98.
9. Khonik V. A., Kosilov A. T., Mikhailov V. A., Sviridov V. V. Isothermal Creep of Metallic Glasses: A New Approach and its Experimental Verification // Acta Mat. – 1998. V. 46. – P. 3399 – 3408.
10. Primak W. Kinetics of Processes Distributed in Activation Energy // Phys. Rev. – 1995. V. 100. P. 1677 – 1689.

УДК (669.788+669.234):539.37

О ЧИСЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ДИФФУЗИИ ВОДОРОДА В МЕТАЛЛАХ С УЧЕТОМ ВОЗНИКАЮЩЕГО ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ

Глухова Ж.Л., канд. физ.-мат. наук, доц.

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

Насыщение водородом металлических конструкций происходит в целом ряде производственных процессов. Особенно это актуально для ядерной энергетики. При диффузии водорода в системах металл-водород

(МеH) возникает система напряжений, называемая водородоупругими (ВК-) напряжениями. [1]. Они в определенной степени замедляют данный процесс [2]. Закон Фика в этом случае неприменим. Для физико-математического описания данного явления в настоящее время широко используются альтернативные модели. На основе использования уравнений термоупругости разработана диффузионно-упругая модель [3]. Она позволяет описать характерное замедление процесса диффузии, но не может объяснить некоторые специфические эффекты, например «восходящую» диффузию [1]. Для решения такой задачи служит модель изотермической водородоупругости [4].

Для выполнения численных расчетов при решении различных задач водородоупругости разработано специализированное программное обеспечение. Оно позволяет использовать различные модели процесса и применимо для случаев, когда расчет концентрации водорода производится для одномерных задач вдоль заданного направления. Например, для анализа распределения концентрации водорода по толщине пластины при ее одностороннем насыщении, при изучении поведения концентрационных неоднородностей в виде шара и для других задач.

Одномерное представление системы уравнений согласно диффузионно-упругой модели можно записать в виде:

$$\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + G \frac{\partial c}{\partial t} + Q B_c c \left(\frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial u}{\partial t} \right) = 0 ; \quad (1)$$

$$S \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + Q \frac{\partial c}{\partial x} = 0 , \quad (2)$$

где $c = f(r, t)$ – концентрация водорода; $S = \lambda + 2\mu$; $G = -\frac{1}{D}$; $Q = G(3\lambda + 2\mu)w$; λ и μ – коэффициенты Ламе, w – коэффициент линейного расширения металла при насыщении водородом., u – проекция вектора перемещения на ось x ; $D = D(T)$ – коэффициент диффузии водорода при температуре T , B_c – водородоемкость, t – время.

Система уравнений изотермической водородоупругости в сферических координатах имеет вид:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \left[\frac{\partial^2 c}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial c}{\partial r} \right] - \frac{DK}{T} c \left[\frac{\partial^2 \sigma_{rr}}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \sigma_{rr}}{\partial r} + 2 \frac{\partial^2 \sigma_{\theta\theta}}{\partial r^2} + \frac{4}{r} \frac{\partial \sigma_{\theta\theta}}{\partial r} \right] ; \quad (3)$$

$$S \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{2S}{r} \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{2S}{r^2} u + F \frac{\partial c}{\partial r} = 0 , \quad (4)$$

где

$$F = -\lambda \frac{1+\nu}{\nu}, \quad K = AwR_A,$$

σ_{rr} , $\sigma_{\theta\theta}$, $\sigma_{\phi\phi}$ – компоненты тензора напряжений, u – перемещения; ν – коэффициент Пуассона, A – атомная масса металла, R_A – универсальная газовая постоянная.

Программное обеспечение имеет блочный характер. Основными блоками являются: ввод исходных данных, ввод начальных и граничных условий, формирование элементов основной матрицы, соответствующих системам уравнений согласно используемой модели процесса и решаемой задачи, итерационный процесс расчета распределения концентрации водорода и иных величин вдоль заданного направления, отображение результатов расчетов. Решение систем линейных алгебраических уравнений выполняется по методу Гаусса с выделением главного элемента.

Программное обеспечение было использовано для выполнения численных экспериментов по сравнению процессов растворения водорода в металле по модели Фика, по водородоупругой модели и по модели изотермической водородоупругости. На рис. 1 представлен пример отображения графиков распределения концентрации водорода, рассчитанных по различным моделям. В частности, в данном случае, по модели Фика и модели изотермической водородоупругости. Основное рабочее окно разделено на две части. Справа располагается панель, содержащая редактируемые поля для ввода исходных параметров моделей, а также элементы управления расчетами. Слева отображаются вкладки с результатами расчета распределений различных величин. Как правило, это концентрация водорода, смещение частиц среды, величины деформаций, величины напряжений.

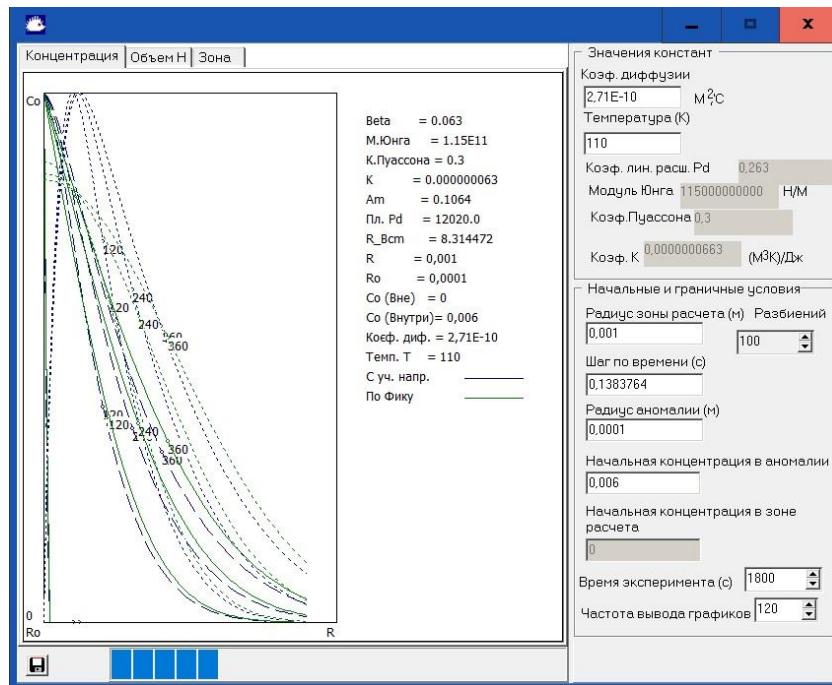


Рис. 1. Пример отображения с заданным шагом по времени графиков распределения концентрации водорода, рассчитанных по различным моделям

Расчеты показывают, что основной причиной замедления процесса диффузии водорода в металлах, растворения водородных концентрацион-

ных неоднородностей и увеличения времени их жизни являются водородоупругие напряжения. Наиболее близкие к реальности результаты показывают расчеты по модели, в основе которой лежат уравнения изотермической водородоупругости. Возможно, причина заключается в учете эффекта «восходящей» диффузии водорода.

Список литературы

1. Fundamentals of Hydrogen Treatment of Materials / V.A. Goltsov // Progress in Hydrogen Treatment of Materials. Edited by V.A. Goltsov. – Donetsk–Coral Gables: «Kassiopeya Ltd». – 2001. – P. 3–37.
2. Лунарска Э. Влияние концентрационных напряжений на транспорт водорода в Al / Э.Лунарска, Т.А.Рюмшина, О.Черняева // Известия РАН. Серия физическая. – 2003. – Т. 67, № 10. – С. 1417–1420.
3. Goltsov V.A. Hydrogen elasticity effect and its importance in diffusion of concentration inhomogeneities in metals / V.A.Goltsov, Zh.L.Glukhova, A.L.Redko // Int. Journal Hydrogen Energy. –1997. – Vol. 22. – P. 179–183.
4. Гольцов В.А. Термодинамические основы явления водородоупругости / В.А. Гольцов, А.Л. Редько, Ж.Л. Глухова // ФММ. –2003. –Т.95, № 1. – С.21–26.

УДК 004.942с

РАСЧЕТ БАРБОТАЖНОЙ ЗОНЫ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОВША ПРИ ДОННОЙ ПРОДУВКЕ АРГОНОМ

Коркишко В.В., Недопекин Ф.В., д-р техн. наук, проф.
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
v.korkishko@donnu.ru

Введение. В современной металлургии выплавки стали продувка металла аргоном является обязательной операцией, особенно при доводке стали в ковше. Она позволяет решить многие задачи, например, задачу гомогенизации металла по химическому составу и температуре и очищения металла от неметаллических включений, неизбежно образующихся во время процессов раскисления и легирования. Как показывает обзор современного состояния проблемы, наилучшей технологией с точки зрения соотношения «цена-качество» является «барботаж» – продувки расплавленного металла инертным газом через пористые элементы. При барботаже наблюдается не только перемешивание расплава, но и формирование развитой поверхности фазораздела газ-жидкость, что интенсифицирует тепло- и массообменные процессы в этой системе и способствует равномерному распределению тепла и массы по объему, что в конечном итоге, повышает качество отпускаемой продукции. Таким образом, важной задачей является определение поверхности фазораздела «argon-жидкая сталь» и определение параметров ей соответствующих.

Основная часть. При различной скорости истечения газа в жидкую сталь наблюдаются разные гидродинамические режимы: пузырьковый, пенный, струйный. Пузырьковый (барботажный) режим наблюдается при небольших скоростях и объемах газа, при этом газ движется через слой жидкости в виде отдельных пузырьков. Пенный режим (режим ячеистой пены) возникает, когда скорость газа превышает скорость свободного всплытия пузырьков. При этом газ истекает в жидкость в виде струи, которая вследствие сопротивления барботажного слоя разрушается с образованием большого числа мелких пузырьков различного диаметра. Струйный режим (инжекционный, режим пробоя или динамической пены) характеризует такое состояние газожидкостной системы, когда газ проходит через жидкость в виде крупных скоплений пузырей и брызг, разделенных прослойками жидкости с включенными в них мелкими пузырями. Простейшим и наиболее изученным режимом барботажа является пузырьковый, поэтому для исследования гидродинамики потоков стали при продувке аргоном выбраны формулы для расчета характеристик в этом режиме.

В общем случае для описания движения вязкой ньютоновской жидкости применяются уравнения Навье-Стокса. Система состоит из уравнений движения и уравнения неразрывности. Такое решение основано на следующих допущениях.

1. Считаем расплавленную сталь несжимаемой жидкостью, т.е. плотность жидкости не является функцией времени или координат под влиянием давления или температуры. Это предположение нельзя использовать непосредственно для процессов литья металлов.

2. Жидкая сталь удовлетворяет условиям закона вязкости Ньютона. В одномерном случае это может быть выражено уравнением:

$$\tau_{xy} = -\mu \frac{du}{dy}, \quad (1)$$

где τ_{xy} – напряжение сдвига в x-направлении; u – скорость стали в x-направлении.

3. Жидкая сталь удовлетворяет условиям закона теплопроводности Фурье. В одномерном случае это выражается уравнением:

$$q_x = -\chi \frac{\partial T}{\partial x}, \quad (2)$$

где q_x – тепловой поток в x-направлении; T – температура стали; χ – коэффициент теплопроводности.

4. Жидкая сталь является изотропической.

При инжекции струи газа в жидкий металл происходит его интенсивное перемешивание, поэтому при моделировании течений жидкой стали в промежуточном ковше будем использовать модель, учитывающую турбулентность. Применим известную модель к-ε турбулентности, модифицировав уравнения переноса кинетической энергии турбулент-

ности и скорости ее диссипации включением членов, описывающих эффект плавучести, обусловленный изменением газосодержания в направлении действия гравитации.

Таким образом, система уравнений будет выглядеть следующим образом:

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0;$$

$$\rho(\mathbf{u} \cdot \nabla)\mathbf{u} = \nabla \cdot [-p + (\eta + \eta_T)(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T)] + \rho g \beta;$$

$$\rho \mathbf{u} \cdot \nabla k = \nabla \cdot \left[\left(\eta + \frac{\eta_T}{\sigma_k} \right) \nabla k \right] + \eta_T P(\mathbf{u}) - \rho \varepsilon + \eta_T g \nabla \beta;$$

$$\rho \mathbf{u} \cdot \nabla \varepsilon = \nabla \cdot \left[\left(\eta + \frac{\eta_T}{\sigma_\varepsilon} \right) \nabla \varepsilon \right] + \frac{C_{\varepsilon_1} \varepsilon \eta_T P(\mathbf{u})}{k} - \frac{C_{\varepsilon_2} \rho \varepsilon^2}{k} + \frac{C_{\varepsilon_1} \varepsilon \eta_T g \nabla \beta}{k},$$

где ρ – плотность, кг/м³; \mathbf{u} – векторное поле скоростей, м/с; p – давление, Па; η – динамическая вязкость, Па с; β – доля газовой фазы; k – кинетическая энергия турбулентности, ε – скорость диссипации кинетической энергии турбулентности.

Из данных работы [3] для вышеизложенных уравнений можно использовать следующие константы:

$$C_{\varepsilon_1} = 1,44, C_{\varepsilon_2} = 192, \sigma_k = 1, \sigma_\varepsilon = 1,3.$$

В общем случае, жидкая сталь представляется как псевдооднофазная жидкость с плотностью $\rho = \beta * \rho_{\text{арг}} + (1 - \beta)\rho_{\text{ст}}$. Весь объем ковша делится на 2 зоны: зону барботажа и зону рециркуляции.

Границные условия точно определяются конструкцией и конфигурацией конкретного промежуточного ковша и расположением продувочным фирм. Условия формулируются на основе следующих допущений:

1. на твердых поверхностях выполнены условия прилипания и скорость обращается в ноль;
2. через свободную поверхность отсутствует перенос напряжения сдвига;
3. аргон распределен в жидкой стали во всей зоне барботажа;
4. в зоне рециркуляции содержание аргона считается равным нулю, т.е. $\beta = 0, \rho = \rho_{\text{ст}}$.

Заключение. Представленная модель и результаты расчетов процессов показывают, что газовая фракция в зоне барботажа имеет разновидность распределения Гаусса по радиусу зоны. Радиус зоны увеличивается при движении к поверхности расплава металла и также увеличивается при повышении расхода газа. В дальнейшем будет рассматриваться тепловое влияние инжектируемого аргона на циркуляцию стали, в том числе будет оценена зависимость охлаждения жидкой стали в ковше от температуры и скорости подаваемого через фурмы газа.

Список литературы

1. Смирнов А.Н. Инновационные решения в области непрерывной разливки стали (по материалам 8-й Европейской конференции по непрерывной разливке) / А.Н. Смирнов // Сталь. – 2014. – Т. 9. – С. 17-22.
2. Tundish Technology and Processes: A New Roadmap / B.A. Secklehner [и др.] // RHI Bulletin: The Journal of Refractory Innovations (Steel Edition). – 2015. – № 1. – С. 68-77.
3. Launder B.E., Spalding, D.B.. Numerical Computation of Turbulent Flows // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 1974. vol. 13. – С. 269-289.
4. Недопекин Ф.В. Моделирование гидродинамических и тепломассообменных процессов в металлургических технологиях / Ф.В. Недопекин, В.В. Белоусов // Вестник удмуртского университета. Физика. Химия. – 2008. – Т. 1. – С. 189-199.

УДК 537.84

О НЕКОТОРЫХ КРИТЕРИЯХ ПОДОБИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДУГОВЫХ ПЕЧЕЙ

Кухарев А.Л., канд. техн. наук,

Стахановский инженерно-педагогический институт Луганского государственного университета им. В. Даля, г. Стаханов, ЛНР
alex.kuharev@mail.ru

Введение. В современных технологиях электрометаллургии стали и сплавов одним из эффективных способов перемешивания расплавов является использование магнитогидродинамических (МГД) эффектов [1]. При моделировании мощных дуговых печей для упрощения МГД модели, как правило, пренебрегается индуцированным магнитным полем, а также влиянием магнитного поля на турбулентность [2–4].

В данной работе проводится анализ применимости данных допущений при моделировании шестиэлектродной дуговой печи постоянного тока емкостью 180 т при токах в электродах 80 кА.

Основная часть. Рассматриваются особенности МГД процессов в шестиэлектродной печи, содержащей три сводовых и три подовых электрода. Профиль ванны печи в направлении оси *Y* приведен на рис. 1. Математическая модель электромагнитных и гидродинамических процессов приведена нами в [3, 4].

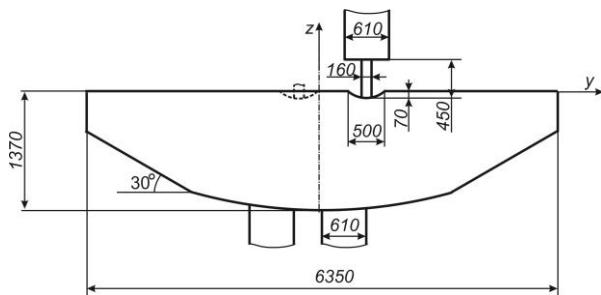


Рис. 1. Профиль ванны печи в направлении оси *Y*

В общем случае отношение индуцированного магнитного поля к полю, создаваемому электрическими токами, характеризуется магнитным числом Рейнольдса, которое определяется исходя из дифференциальной формы закона Ома:

$$Re_m = \sigma \frac{v_0 \cdot B_0}{J_0} \quad (1)$$

где σ – электропроводность расплава, См/м; v_0 , B_0 , J_0 – характерные значения скорости, м/с, магнитной индукции, Тл; плотности электрического тока, А/м².

Полагая [2], что $J_0 = \frac{I}{L_0^2}$ и $B_0 = \frac{I}{\mu_0 L_0}$, можно получить также более известное выражение для магнитного числа Рейнольдса:

$$Re_m = \sigma \mu_0 L_0 v_0, \quad (2)$$

где L_0 – характерный размер, м; $\mu_0 \approx 12,56 \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная; I – ток в электродах, А.

Однако, анализируя значения магнитного числа Рейнольдса по выражениям 1 и 2, а также локальные значения, рассчитанные по графикам распределения магнитной индукции, скорости и плотности электрического тока в ванне (рис. 2), было выяснено, что выражение (2) может давать несколько завышенные значения ввиду нетривиальности выбора характерного размера. Например, при $v_0 \approx 0,3$ м/с и $L_0 = 1,37$ м $Re_m \approx 0,4$.

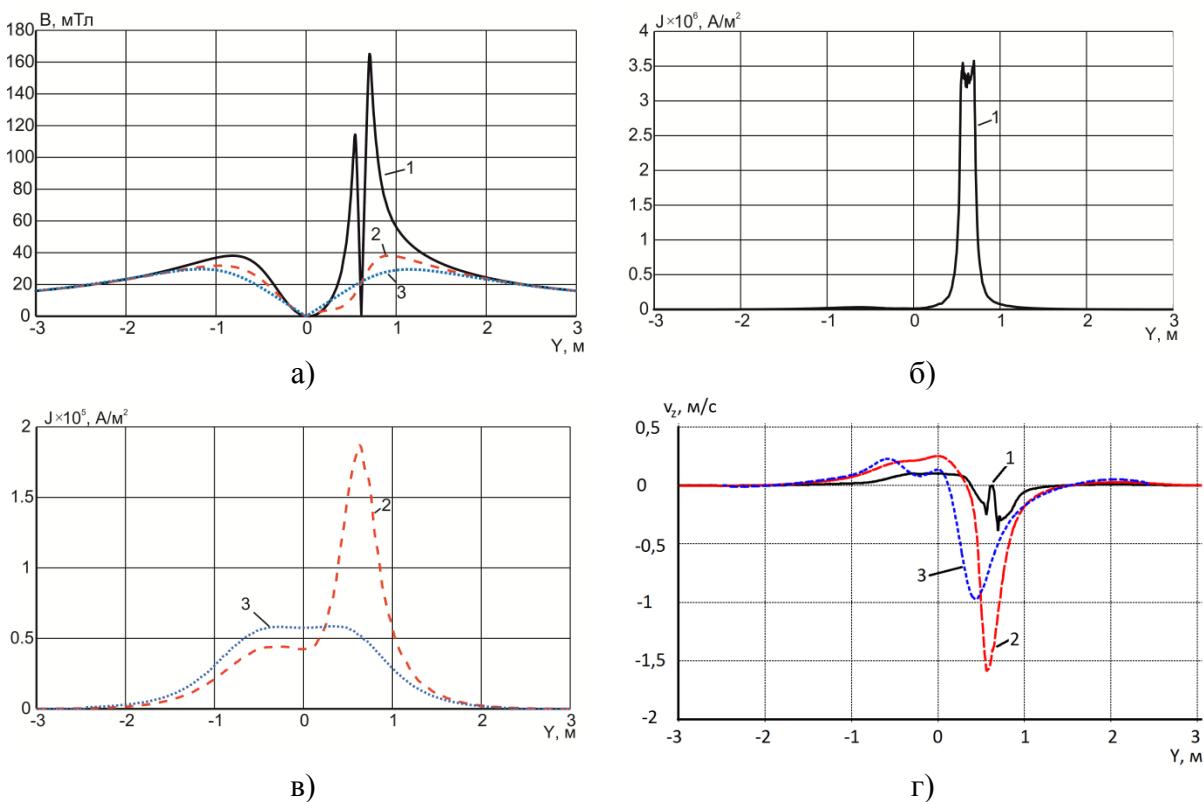


Рис. 2. Распределение магнитной индукции (а), плотности электрического тока (б, в) и вертикальной проекции скорости в направлении оси Y :
(1 – $Z = -70$ мм; 2 – $Z = -310$ мм; 3 – $Z = -715$ мм)

Отметим, что согласно рис. 2 распределение электромагнитных и гидродинамических полей неодинаково. Максимумы магнитной индукции расположены вблизи контакта боковых стенок электрической дуги с поверхностью расплава. На оси электрической дуги и на оси ванны магнитная индукция равна нулю, на периферии ванны она составляет порядка 10 мТл. Магнитное поле быстро затухает при движении вглубь ванны. Напротив, максимумы скорости за счет условий прилипания на покрытой шлаком верхней поверхности расплава и стенках сдвигаются вглубь ванны. Таким образом, локальные значения Re_m в зоне максимальных скоростей (кривая 2 на рис. 2) составляют $\sim 0,12$. В зоне максимума магнитной индукции (кривая 1 на рис. 2) значения Re_m также составляют порядка 0,1. Таким образом, индуцированное магнитное поле не будет оказывать существенного влияния на вертикальные течения, и безындукционное приближение в этом случае вполне приемлемо.

Для моделирования турбулентности в [3] нами использовалась стандартная $k - \varepsilon$ модель, а эффективность турбулентного теплопереноса определялась по распределению эффективной турбулентной теплопроводности $\lambda_{\text{эфф}} = \lambda + \frac{C_p \eta_T}{Pr_T}$, где λ , C_p – соответственно молекулярная теплопроводность и теплоемкость расправа стали, η_T – турбулентная теплопроводность, Pr_T – турбулентное число Прандтля. По данным графикам [3] выявлено, что зоны с максимальными значениями $\lambda_{\text{эфф}}$ формируются вблизи центров вихревых структур в средней по глубине части ванны и также не совпадают с максимумами магнитной индукции. В целом влияние магнитного поля на турбулентность оценивают по параметру магнитного взаимодействия (числу Стюарта) [5, 6]:

$$St = \frac{\sigma B_0^2 L_0}{\rho v_0}. \quad (3)$$

Для наших условий $St \approx 0,4$. Так как $St < 0,5$ то влиянием магнитного поля на турбулентность можно пренебречь. Согласно [7] существенное влияние магнитное поле оказывает на турбулентность только при $St \approx 10$.

Заключение. На основе анализа параметров распределения электромагнитного и гидродинамического полей в ванне расплава шестиэлектродной печи и соответствующих МГД критериев (Re_m , St) показана приемлемость применения безындукционного приближения и использования стандартной $k - \varepsilon$ модели турбулентности при принятых условиях моделирования.

Список литературы

1. Недопекин Ф. В. Моделирование гидродинамических и теплофизических процессов в сталеплавильных печах постоянного тока / Ф. В. Недопекин, О. В. Казак, А. Н. Семко. – Донецк: ДонНУ, 2014. – 315 с.

2. Компан Я. Ю. Электрошлаковые сварка и плавка с управляемыми МГД – процессами / Я. Ю. Компан, Э. В. Щербинин. – М.: Машиностроение, 1989. – 272 с.
3. Кухарев А. Л. Численное исследование процессов теплопереноса в расплаве многоэлектродной дуговой печи при учете электровихревых течений / А. Л. Кухарев // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. – 2019. – № 56. – С. 40-48.
4. Кухарев А. Л. Электромагнитное поле в ванне многоэлектродной печи / А. Л. Кухарев // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля. – 2018. – № 5 (11). – С. 247–251.
5. Murthy A. Experimental measurement and numerical computation of velocity and turbulence parameters in a heated liquid metal system / A. Murthy, J. Szekely, N. El-Kaddah // Metallurgical Transactions B. – 1988. – Vol. 19, № 10. – P. 765–775.
6. Alemany A. Influence of external magnetic field on homogeneous MHD turbulence / A. Alemany, R. Moreau, P. Sulem // Journal de Mecanique. – 1979. – Vol. 18, № 2. – P. 277-312.
7. Кирко И. М. Магнитная гидродинамика. Современное видение проблем / И. М. Кирко, Г. Е. Кирко. – М. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Ижевский ин-т компьютерных исслед., 2009. – 632 с.

УДК 516.1 : 532.5

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕПАРАТОВ-КРОВЕЗАМЕНИТЕЛЕЙ НА ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

**Лысых Я.А.¹, Асланов П.В.¹, канд. физ.-мат. наук,
 Белоусов В.В.¹, д-р физ.-мат. наук, проф., Потапов В.В.²,
 Хомутов Е.В.², канд. хим. наук, Кузнецова И.В.², д-р мед. наук, проф.,
 Зенин О.В.³, д-р мед. наук, проф.**

¹ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР,
ya.lysykh@donnu.ru

²ГОО ВПО «Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького»,
 г. Донецк, ДНР

³Медицинский институт, Пензенский государственный университет, РФ, г. Пенза, РФ

В работе для моделирования рассматривается артериальный сосуд. Кровь предполагается однородной, несжимаемой ньютоновской жидкостью с плотностью $\rho = 1050 \text{ кг}/\text{м}^3$. Динамической вязкость η крови и растворов крови с кровезаменителями, что были выбраны для исследования, а именно гелофузин (B. Brown) и венофундин (B. Brown), определялась согласно степенному закону по формуле [1]:

$$\eta = k\gamma^{n-1}, \quad (1)$$

где k – коэффициент густоты жидкости, $\text{Па}\cdot\text{с}$; $\gamma = \frac{\partial v}{\partial y}$ – скорость сдвига, с^{-1} ; n – показатель поведения жидкости, безразмерный.

Концентрация кровезаменителей определялась на основе максимальной суточной дозы на человека с массой 70 кг и объёмом крови – 5 л

[2] и бралась равной 25 % от данного значения: для гелофузина – 50 мл/кг, а для венофундина – 12,5 мл/кг. Коэффициенты k и n определялись экспериментально, при помощи установки описанной в [3]:

Жидкость	k	n
Кровь чистая	0,2006	0,1225
Раствор крови с гелофузином	0,0352	0,4949
Раствор крови с венофундином	0,0191	0,7549

Движение крови описывается системой уравнений Навье-Стокса:

$$\begin{cases} \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -(\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} + v \Delta \vec{v} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \vec{f}, \\ \nabla \cdot \vec{v} = 0, \end{cases} \quad (2)$$

где t – время, $v = \frac{\eta}{\rho}$ – коэффициент кинематической вязкости, ρ – плотность крови, p – давление, $\vec{v} = (u, v, w)$ – вектор скорости частиц жидкости, \vec{f} – векторное поле массовых сил, $\nabla = \frac{\delta}{\delta x} \vec{i} + \frac{\delta}{\delta y} \vec{j} + \frac{\delta}{\delta z} \vec{k}$, $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – единичные векторы на осях x, y, z , $\Delta = \nabla \cdot \nabla = \nabla^2$ – Лапласиан.

Для моделирования всех трех случаев используется первый тип условий- скорость по оси X задается в диапазоне 0,04–0,08 м/с с шагом в 0,01 м/с, а по осям Y и Z – 0 м/с. Давление на входном отверстии задаётся равным 10 000 Па, а на выходном – 0 Па. Радиус сосуда составляет 2,5 мм, а длина – 75 мм. Стенки сосуда считаются жесткими и неподвижными, на них установлено условие прилипания:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = 0 \quad (4)$$

Система решаемых уравнений и граничных условий выглядит так

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -(\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} + v \Delta \vec{v} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \vec{f}, \\ \nabla \cdot \vec{v} = 0, \\ \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = 0, \\ \left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{t=0} = u_0, \\ \left. \frac{\partial v}{\partial y} \right|_{t=0} = 0, \\ \left. \frac{\partial w}{\partial z} \right|_{t=0} = 0. \end{array} \right.$$

Моделирование осуществлялось на языке Delphy. Геометрия построена в среде Компас 3D. Используя данные полученные на экспериментальной установке, моделировалось течение чистой крови и её растворов с кровезаменителями как неильтоновские жидкости с вязкостью, подчиняющейся степенному закону. Для моделирования использовался широко известный метод конечных объёмов, описанный, в работах [4-6]. Расчёт проводился на неструктурированной сетке, состоящей из 16 530 узлов. Реологические характеристики течения, а именно скорость и напряжение сдвига определялись в контрольной точке, расположенной в центре сосуда на расстоянии 37,5 мм от начала и конца сосуда.

Полученные результаты доказывают, что чистая кровь является псевдопластичной жидкостью в сосудах радиусом порядка 2мм. Введение препаратов-кровезаменителей только усиливает эффект псевдопластичности, что проявляется в увеличении вязкости и напряжения сдвига. И если гелофузин приводит к увеличению незначительно (на 10–15 % увеличивается напряжение сдвига, на 20–30 % – вязкость), то венофундин оказывает большое влияние – реологические характеристики возрастают примерно в 3 раза. Подобное изменение реологических характеристик крови может оказывать непредвиденное влияние на состояние человека.

Список литературы

1. Schramm G. A practical approach to rheology and rheometry Gebrueder HAAKE GmbH, Karlsruhe, Federal Republic of Germany, 1994. – С. 240-244.
2. Баховадинов Б.Б. Компоненты крови. Посттрансфузионные реакции и осложнения / Б.Б. Баховадинов, Б.А. Барышев. – С-Пб: «Оптима», 2018. – С. 22, 43.
3. Асланов П.В. Аппаратурное обеспечение гемодинамических исследований / П.В. Асланов, Я.А. Лысых, А.С. Бодня, О.П. Лаппа, В.В. Потапов //Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы IV Международной научной конференции (Донецк, 31 октября 2019 г.). – Том 1: Физикоматематические и технические науки. Часть 2 / Под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк. 2019. – С. 40.
4. Eymard R., The finite volume method Analysis / R. Eymard, R. Gallouët, T. R. Herbin // Handbook of Numerical, Vol. VII. – 2000. – pp. 713–1020.
5. Leveque R. Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems / Leveque R. // Cambridge University Press. – Cambridge. – 2002. – 558 p.
6. Wesseling P. Principles of Computational Fluid Dynamics / P.Wesseling //Springer Science & Business Media. – Berlin, 2001. – 644 p.

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ
ПРОЦЕССОВ В ПРОТИВОТОЧНЫХ СРЕДАХ С ФАЗОВЫМИ
ПЕРЕХОДАМИ**

Пшеничный К.А., Толстых В.К., д-р физ.-мат. наук, проф.

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

mail@tolstykh.com

В работе рассматриваются нестационарные процессы теплопереноса в противоточных средах, протекающие в теплообменных аппаратах с изменением агрегатного состояния одного из потоков. При численном моделировании взаимодействующих тепловых потоков возникают трудности, связанные с определением границ начала и конца кипения.

В одномерной постановке для нестационарного случая процессы, протекающие в противоточном теплообменном аппарате с фазовым переходом второго теплоносителя, имеют вид [1,2]:

$$\begin{cases} \frac{\partial T_1}{\partial \tau} + v_1 \frac{\partial T_1}{\partial x} = \frac{1}{c_{p1}\rho_1} [K(T_2 - T_1)], \\ \frac{\partial T_2}{\partial \tau} - v_2 \frac{\partial T_2}{\partial x} = \frac{1}{c_{p2}\rho_2} \left[K(T_1 - T_2) + \frac{1}{c_{p2}\rho_2} q \right], \\ \rho_1 v_1 = C_1, \quad \rho_2 v_2 = C_2, \\ \rho_1 = f_1(T_1), \quad \rho_2 = f_2(T_2, q). \end{cases} \quad (1)$$

Здесь $\tau \in [0, T]$ – время, $x \in [x_a, x_b]$ – продольная координата. Среда с индексом 1 движется прямотоком (от x_a к x_b), среда 2 – противотоком, $T(x, \tau)$ – температура теплоносителей, $v(\rho)$ – скорость потоков, $c_p(T)$ – удельная теплоемкость потоков при постоянном давлении, $\rho = f(T)$ – плотность жидкого или газообразного теплоносителя, $\rho = f(\hat{q})$ – плотность теплоносителя в состоянии фазового перехода в зависимости от q – удельного теплового потока, поддерживающего фазовый переход, k – коэффициент теплопередачи между теплоносителями, F – площадь взаимодействия потоков, $C_1(\tau)$, $C_2(\tau)$ – известные граничные функции.

Граничные условия для системы (1.1) это:

$$\begin{aligned} T_1(\tau, x_a) &= T_{1a}(\tau), & T_2(\tau, x_b) &= T_{2b}(\tau), \\ C_1(\tau) &= \rho_1(T(x_a, \tau))v_1(x_a, \tau), & C_2(\tau) &= \rho_2(T(x_b, \tau))v_2(x_b, \tau). \end{aligned} \quad (2)$$

Начальные условия:

$$T_1(0, x) = T_{10}(x), \quad T_2(0, x) = T_{20}(x). \quad (3)$$

В процессе кипения разность температур между теплоносителями создаёт удельную мощность тепла, получаемую ячейкой второго теплоносителя из первого:

$$q_2 = k\Delta F \Delta T_{2\text{kip}} / \Delta V_2.$$

Данная мощность отбирается на превращение в пар части жидкой фракции кипящего потока:

$$q_2 = -\Delta\rho_{2\text{ж}} L_2 / \Delta\tau,$$

где $\Delta\rho_{2\text{ж}}$ – изменение плотности жидкостной фракции. С учётом того, что $\Delta F = H\Delta x$, H – ширина разделительной стенки потоков, $\Delta V_2 = S_2\Delta x$, S_2 – площадь поперечного сечения потока, получаем:

$$\Delta\rho_{2\text{ж}} = -\frac{kH}{L_2 S_2} (T_1 - T_{2\text{kip}}) \Delta\tau.$$

Первое превышение $T_2 \geq T_{2\text{kip}}$ означает начало кипения во второй среде. Изменение жидкой фракции, приводящее к $\rho_{2\text{ж}} \leq 0$ соответствует завершению кипения.

Для расчёта скорости $v_2 = C_2 / \rho_2$ кипящего потока можно использовать модель линейного распределения плотностей фракций:

$$\rho_2 = \rho_g + \frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_l} \rho_{2\text{ж}},$$

где ρ_l и ρ_g – известные плотности жидкости и газа на границах кипения.

Расчеты проводились для кожухотрубного теплообменного аппарата с охлаждением воздуха (первая среда) жидким кислородом (вторая среда). Начальные температуры задавались постоянные $T_1(0, x) = 315\text{K}$ и $T_2(0, x) = 90\text{K}$. В начальный момент времени давления в потоках задаются $p_1 = 5 \cdot 10^6 \text{Па}$, $p_2 = 2,4 \cdot 10^6 \text{Па}$ и константы $C_1 = 1285$, $C_2 = 1717$. Константа для воздуха задавалась при скорости $v_1(x_a, \tau) = 20 \text{м/с}$, а для жидкого кислорода – при скорости $v_2(x_b, \tau) = 1.5 \text{м/с}$. Длина теплообменной поверхности аппарата принималась равной 9м, площади поперечных сечений потоков $S_1 = 0,53 \text{м}^2$, $S_2 = 0,18 \text{м}^2$, площадь взаимодействия потоков $F = 1100 \text{м}^2$. Расчётная сетка задавалась $\Delta x = 0,045 \text{м}$ и $\Delta\tau = 0,00075 \text{с}$, $T = 7 \text{с}$ – время полного установления процесса.

На рис. 1 приведены результаты расчётов температуры воздуха (сплошная линия) и кислорода (пунктирная линия) в момент установления

изначально нестационарного потока в рассматриваемом теплообменном аппарате. Две точки на температурных кривых, для кислорода указывают на начало и конец парожидкостной зоны. В этой зоне, температура кислорода не меняется и равна $T_{2kip} = 135\text{K}$.

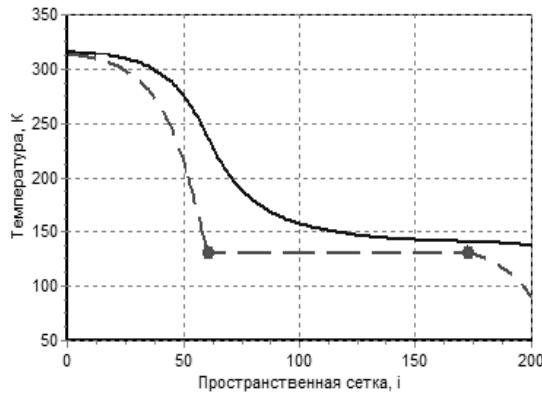


Рис. 1. Распределение температур в противоточных средах

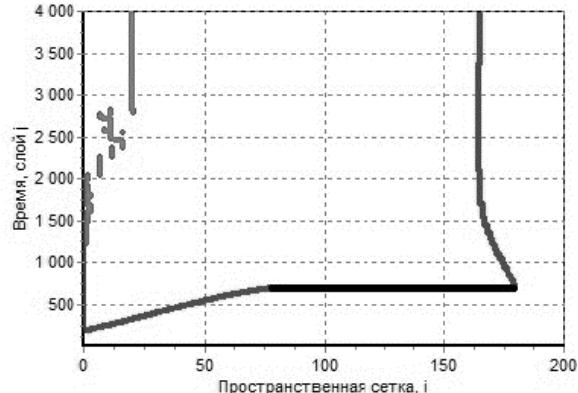


Рис. 2. Границы начала и конца кипения кислорода

На рис. 2 представлены границы начала и конца кипения кислорода. На графике видно, что кислород начинает кипеть в конце теплообменника (слева), тем самым формируется границу начала кипения. Эта граница резко смещается вправо и происходит процесс установления приблизительно через 3с. Область правее границы начала кипения – жидкий кислород. Граница конца кипения формируется чуть позже слева и далее смещается вправо до наступления стационарного режима. Область левее границы конца кипения – газообразный кислород.

Предложенный численный расчет позволяет выделять двухфазную область для расчета параметров модели в состоянии кипения жидкости.

Список литературы

1. Крейт Ф., Блэк У. Основы теплопередачи: Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 512 с.
2. Кафаров В.В. Математическое моделирование основных процессов химических производств: учеб. пособие для вузов / В. В. Кафаров, М. Б. Глебов. – М.: Высш. шк., 1991. – 440 с.

ИЗГИБ ПЛАСТИНЫ ПАЛЛАДИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОМ ОДНОСТОРОННЕМ НАСЫЩЕНИИ ВОДОРОДОМ

Щеголова Т.А., Гольцов В.А., д-р техн. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР
tanyashc@rambler.ru

Конструкционные материалы часто подвергаются насыщению водородом при их эксплуатации. Внедренные атомы водорода расширяют кристаллическую решетку металлов. Одним из физических эффектов, вызываемых концентрационными неоднородностями водорода, является формоизменение металла.

Ранее на кафедре физики было изучено воздействие водорода на свойства металлов при их насыщении водородом из газовой фазы. Авторами этих исследований было экспериментально установлено, что такие факторы, как температура, давление водорода и число циклов водородного воздействия оказывали влияние на величину формоизменения образцов [1–3].

Представляет несомненный интерес освоить методики и провести аналогичные исследования воздействия водорода на свойства металлов при электрохимическом насыщении водородом. Важно, что эта своеобразная область электрохимии уже широко изучается и используется в промышленности при производстве и обработке металлов и сплавов.

С этой целью на кафедре физики ГОУ ВПО «ДонНТУ» была создана специальная экспериментальная установка [4].

В настоящей работе была поставлена задача выполнить первые эксперименты по насыщению металла водородом с использованием созданной установки и подтвердить, что разработанная методика позволяет электрохимически насыщать металл водородом. При этом мы ориентировались в разработанной методике на подобные исследования, опубликованные в литературе [5–11].

В настоящей работе были выполнены первые эксперименты на чистом металле – палладии. Для экспериментов использовали образцы в виде пластинок размером $65 \times 5,5 \times 0,2$ мм. Их изгибали в форме буквы «Г» так, чтобы загнутый конец составлял около 3 мм. Образцы обезжиривали спиртом и крепили на обезжиренной подложке из нержавеющей стали. Далее проводили отжиг в вакууме при температуре 700 °C в течение одного часа и охлаждали с печью до комнатной температуры. После отжига одну из сторон пластины покрывали цапон-лаком, другую сторону образца обезжиривали спиртом. Исследуемый образец нижним концом закрепляли в держателе блока электрохимического насыщения. После этого блок электрохимического насыщения помещали в ванну из органического

стекла и заливали электролит. В качестве электролита использовали 5 % р-р H_2SO_4 с добавлением 1,5 г/л тиомочевины. Плотность тока в экспериментах составляла 0,6; 1,0; 2,0 mA/cm^2 .

Регистрацию изменений величины стрелы прогиба свободного конца образца во время эксперимента осуществляли при помощи катетометра и видеокамеры. Полученную запись расшифровывали кадр за кадром и поsekундно в компьютерной программе Movavi Video Editor.

На рис. 1 представлены результаты первых проведенных экспериментов.

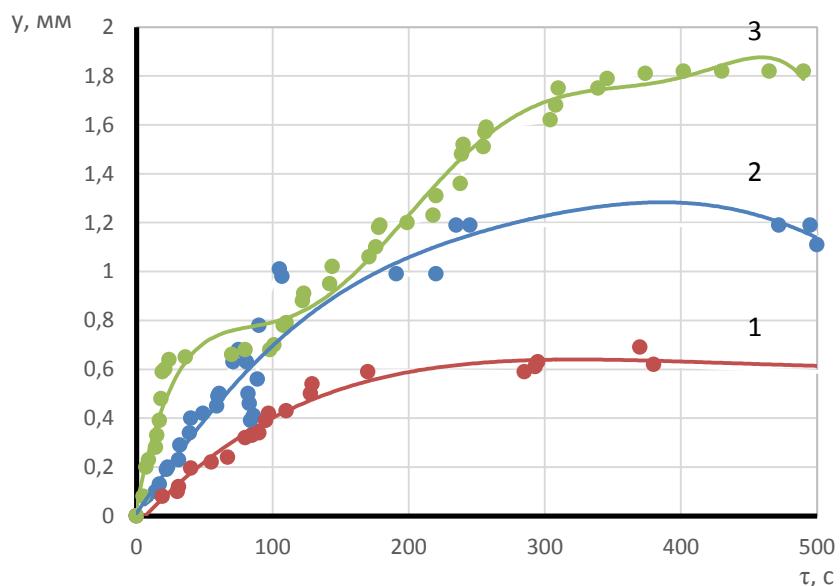


Рис. 1. Временная зависимость стрелы прогиба пластины при ее одностороннем электрохимическом насыщении водородом. Плотность тока: 1 – 0,6 mA/cm^2 , 2 – 1,0 mA/cm^2 , 3 – 2,0 mA/cm^2

Как видно из рисунка, изгиб изучаемой пластины палладия наблюдается сразу после катодного подключения образца и зависит от плотности подаваемого тока: при увеличении плотности тока изгиб закономерно увеличивается (рис. 1). Итак, вследствие одностороннего насыщения пластины водородом появляется градиент концентрации водорода по толщине пластины. Это вызывает появление концентрационных напряжений, что приводит к изгибу образца.

Вывод. Впервые экспериментально установлено, что при одностороннем электрохимическом насыщении водородом палладиевая пластина претерпевает изгиб, зависящий от условий эксперимента.

Список литературы

1. Goltsov V.A. Fundamentals of Hydrogen Treatment of Materials // Progress in Hydrogen Treatment of Materials / Edited by V.A. Goltsov. – Donetsk – Coral Gables: Kassiopeya Ltd., 2001. – P. 3–37.

2. Goltsov V.A. Progress in Hydrogen Treatment of Materials / Editor. – Donetsk – Coral Gables: Kassiopeya, 2001 – 543 pp.
3. Глухова Ж.Л., Любименко Е.Н., Гольцов В.А. Экспериментальное исследование индуцированного водородом формоизменения пластины из палладия и сплавов а- PdH_x // Физика и техника высоких давлений. – 2011. – Т. 21, № 3. – С. 110–118.
4. Ветчинов А.В., Гольцов В.А., Щеголева Т.А. Электрохимическая водородная установка для исследования формоизменения металлов и сплавов // Вестник ДонНТУ. Специальный выпуск «Металлургические процессы и оборудование». – 2016. – №4(4). – С. 23–26.
5. Скрябина Н.Е., Ладьянов В.И., Fruchart D. Влияние водорода на процесс кристаллизации магнито-мягких быстрозакаленных сплавов на основе железа // Труды Пятой международной конференции «ВОМ-2007», Донецк, 21–25 мая 2007 г. – Донецк, 2007. – Ч.2 – С. 531–535.
6. Казаченок, М.С. Влияние водородной обработки на механические свойства циркониевого сплава Э-125 / М.С. Казаченок, А.В. Панин, К.В. Оскомов [и др.] // Труды Пятой международной конференции «ВОМ-2007», Донецк, 21–25 мая 2007 г. – Донецк, 2007. –Ч.2 – С. 791–795.
7. Мерсон Е.Д. Влияние плотности тока электролитического наводороживания на концентрацию диффузионно-подвижного водорода в низкоуглеродистой стали марки S235JR / Е.Д. Мерсон, В.А. Полуянов, Д.Л. Мерсон [и др.] // Вектор науки ТГУ. – 2015. – №4 (34). – С. 76–82.
8. Шиванюк В.Н., Фокт Ж., Гаврилюк В.Г. Влияние легирующих элементов на обусловленное водородом $\gamma \rightarrow \epsilon$ фазовое превращение в austenитных сталях // Труды Пятой международной конференции «ВОМ-2007», Донецк, 21–25 мая 2007 г. – Донецк, 2007. – Ч.2 – С. 496–500.
9. Смяловский М., Шклярская-Смяловская З. Принцип нового метода исследования диффузии катодного водорода // Известия АН СССР. Отд. хим. наук. – 1954. – № 2. – С. 226–229.
10. Чернов И.П. Влияние имплантации водорода и гелия на физико-механические свойства ферритной стали / И.П. Чернов, Ю.П. Черданцев, Ю.В. Мартыненко [и др.] // Труды Пятой международной конференции «ВОМ-2007», Донецк, 21–25 мая 2007 г. – Донецк, 2007. – Ч. 2 – С. 768–772.
11. Купрекова Е.Н. Ориентационная и температурная зависимость критических скальвающих напряжений монокристаллов austenитной нержавеющей стали Fe–18Cr–14Ni–2Mo с водородом / Е.И. Купрекова, Ю.И. Чумляков, И.П. Чернов [и др.] // Труды Пятой международной конференции «ВОМ-2007», Донецк, 21–25 мая 2007 г. – Донецк, 2007. – Ч. 2 – С. 773–777.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ ДОБАВОК НА РАБОТУ ШАХТНЫХ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Дмитренко Н.А.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
n.dmitrenko@donnu.ru

Введение. Особенности подземной добычи угля в Донбассе диктуют необходимость проведения горных работ на глубинах 900-1500 м. Увеличение глубины разработки неизбежно сопровождается ростом температуры горных пород, достигающих на этих горизонтах величин до 45-50 °C. Для приведения тепловых условий работы в горных выработках шахт к нормам санитарно-гигиенических требований используют комплексный подход [1-4], при котором наряду с горнотехническими мероприятиями по оптимизации воздушного охлаждения [1], применяют системы шахтного кондиционирования воздуха. Различают передвижные и стационарные шахтные установки кондиционирования воздуха (ШУКВ) с наземным и с подземным размещением холодильных машин [2].

В послесоветское время парк стационарной холодильной техники на шахтах Донбасса стремительно сокращался, и в период 90-х годов XX в. фактически полностью прекратил свое существование. По состоянию на январь 2004 г. в эксплуатации находилась только одна подземная стационарная холодильная установка на шахте «Глубокая» ш/у «Донбасс» [2]. В настоящее время в шахтах Донбасса применяются передвижные кондиционеры КПШ 130-2-0, КПШ 300 и водоохлаждающая машина МХРВ-1-У5, компонуемая воздухоохладителями ОВ-190Ш и ВТВ-200-01 [5, 6].

В связи с тяжёлым финансовым положением отечественных шахт и отсутствием возможностей замены действующих установок, для обеспечения регламентируемых значений температуры воздуха в горных выработках, при разработке практических рекомендаций по гидродинамическому проектированию новых и модернизации существующих ШУКВ, возникает необходимость поиска инновационных технических решений.

Цель настоящего исследования состоит в экспериментальном подтверждении возможности использования гидродинамически-активных добавок (ГДАД) для повышения КПД ШУКВ, заявленной в работе [7]. Методами исследования выступает теоретический анализ литературы и физический эксперимент.

Основная часть. Важным резервом повышения эффективности работы ШУКВ может быть использование явления снижения

гидродинамического сопротивления турбулентного трения (ГСТТ) хладоносителей в напорных трубопроводах. Введение в турбулентные потоки жидкостей добавок высокомолекулярных полимеров (ВП) и мицеллообразующих поверхностно-активных веществ (МПАВ) приводит к существенному снижению ГСТТ, при этом ГДАД также оказывают влияние на интенсивность турбулентного тепло- и массопереноса. Проведением экспериментальных исследований по определению коэффициента теплоотдачи при течении растворов ВП и МПАВ занимались учёные ДонНУ: И.Л. Повх, А.Б. Ступин, А.П. Симоненко, П.В. Асланов, С.Н. Максютенко, а также из других научных учреждений: В.Н. Пилипенко, Л.И. Седов, В.А. Иоселевич, А.Г. Михайлу, Е.М. Хабахпашева и др. Анализ работ вышеупомянутых авторов [8, 9] позволяет сделать вывод, что воздействие добавок МПАВ и ВП на пристенную турбулентность приводит не только к снижению гидродинамического сопротивления трения, но и к значительному уменьшению турбулентного теплообмена.

Для экспериментального подтверждения приведённого в работе [7] обоснования возможности использования ГДАД для повышения КПД ШУКВ, автором на базе кафедры физики неравновесных процессов, метрологии и экологии им. И.Л. Повха ГОУ ВПО ДонНУ был разработан специальный гидродинамический стенд, схема которого представлена на рис. 1:

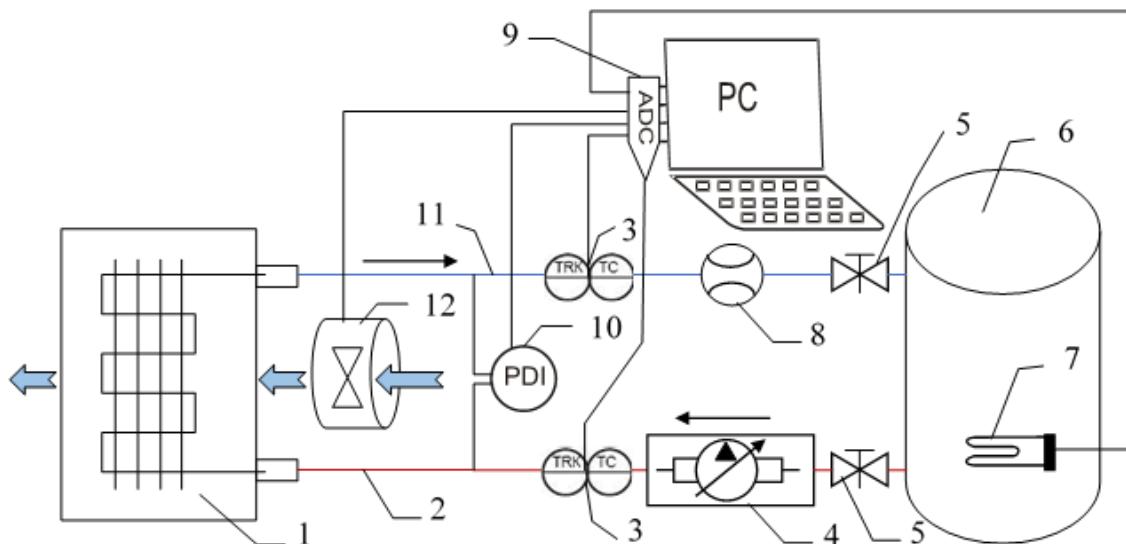


Рис. 1. Схема специального гидродинамического стенда: 1 – радиатор; 2 – магистраль подачи рабочей жидкости; 3 – система датчиков терморегуляции (датчик температуры DS18B20, термостат WAVGAT XH-W1209); 4 – насосная станция с регулятором мощности (Wilo-Star RS 30/2); 5 – вентиль; 6 – ёмкость с рабочей жидкостью; 7 – нагревательный элемент (тэн); 8 – расходомер; 9 – блок управления (АЦП, ЦАП, компьютер); 10 – дифференциальный манометр Метран-150CD; 11 – труба слива рабочей жидкости; 12 – блок вентиляционный (диффузор, вентилятор осевой с регулируемой скоростью вращения, конфузор)

Заключение. Гидродинамически-активные добавки ВП и МПАВ могут успешно использоваться для повышения эффективности работы шахтных установок кондиционирования воздуха. За счет применения ГДАД существенно уменьшаются энергозатраты на транспортировку хладоносителей и на производство холода в холодильных системах (за счет уменьшения диссиPATивных потерь) [7]. Для экспериментального подтверждения обоснования возможности использования ГДАД для повышения КПД ШУКВ в ДонНУ разработан специальный гидродинамический стенд.

Список литературы

1. Мартынов А.А. Комплексный подход в регулировании температуры воздуха в горных выработках глубоких угольных шахт // ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень, – № 5. – 2004. – С. 264-268.
2. Алабьев В.Р. Основные направления развития способов и средств охлаждения воздуха в угольных шахтах Украины // Вестник Забайкальского государственного университета. – Чита: ЗабГУ, 2014. – № 6. – С. 35-46.
3. Мартынов А.А. К проектированию систем искусственного охлаждения воздуха в глубоких шахтах Донбасса с учетом зарубежного опыта (Германии) // ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень, – № 4. – 2003.
4. Денисенко В.П. Тепловой режим и регулирование тепловых условий в выработках выемочных участков глубоких антрацитовых шахт Донбасса / В.П. Денисенко, О.О. Чинчак, М.Ю. Павленко, Е.В. Тетеря // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. – Алчевск: ДонГТУ, 2016. – № 3 (46). – С. 36-41.
5. Тишин Р.А. Обоснование способа и параметров установки охлаждения воздуха в локальных зонах глубоких шахт на основе гидроэжекции : дисс.. канд. техн. наук : 05.26.01 / Тишин Роман Александрович. Макеевка: МакНИИ, – 2018. – 229 с.
6. Алабьев В.Р. Нормализация теплового режима протяженных тупиковых выработок при высоких температурах пород на основе шахтных передвижных кондиционеров / В.Р. Алабьев, В.В. Новиков, Л.А. Пашинян, Т.П. Бажина // Записки Горного института. Горное дело. – СПб.: СПГГУ, – № 237. – 2019. – С. 251-258.
7. Дмитренко Н.А. Снижение магистральных потерь холода в шахтных установках кондиционирования воздуха / Н.А. Дмитренко, А.П. Симоненко // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы IV Международной научной конференции (Донецк, 31 октября 2019 г.). – Донецк: Изд-во ДонНУ, – Т. 1: Физико-математические и технические науки. Часть 2 / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – 2019. – С. 25-28.
8. Качановский А.А. Влияние гидродинамически-активных добавок на сопротивление трения и теплообмен в турбулентных потоках жидкостей / А.А. Качановский, А.В. Тарапощенко, научн. руковод.: Н.А. Дмитренко, А.П. Симоненко // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». – Донецк: ДонНУ, – Т. 1: Естественные науки, – № 11. – 2019. – С.68-74.
9. Симоненко А.П. Сопротивление трения и теплообмен в турбулентных потоках водных растворов гидродинамически-активных полимеров и поверхностно-активных веществ / А.П. Симоненко, П.В. Асланов, Н.А. Дмитренко // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. – Донецк: ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», – № 3. – 2018. – С. 56-67.

Стандартизация и метрология

УДК 006.83

РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТИ АТТЕСТАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ХЛЕБОПРИЕМНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ГП «АГРОДОНБАСС»

Борисенко Н.В.

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

Введение. Сегодня на этапе формирования и становления промышленности молодой республики актуальным является решение вопроса об интеграции промышленности ДНР в систему РФ.

22.11.2016 вышел указ Главы ДНР №399 «О применении стандартов на территории Донецкой Народной Республики» в целях обеспечения единой государственной политики в сфере стандартизации, направленной на осуществление мер по защите прав потребителей и экономических интересов Донецкой Народной Республики [4].

Актуальность данной работы заключается в том, что в ней рассмотрены вопросы расширения области аттестации производственно – технологической лаборатории хлебоприемного подразделения ГП «АгроДонбасс» в связи с внедрением российских стандартов ГОСТ Р 52554-2006 Пшеница. Технические условия [3, 5].

Цель работы: Разработать проект пакета документов для расширения области аттестации производственно – технологической лаборатории.

Основная часть. В результате проведенного анализа в соответствии требованиям ГОСТ Р 52554-2006 Пшеница. Технические условия для расширения сферы аттестации лаборатории предприятию необходимо освоить методы определения числа падения и массовой доли белка.

Задача исследования: метрологическое обеспечение соблюдения всех требований ГОСТ Р 52554-2006 Пшеница. Технические условия по выполнению исследования показателей, рекомендация внесение изменений в паспорт лаборатории и в область аттестации, оборудование, кадры и методики [3].

Сравнительный анализ показывает, что при выборе прибора ПЧП, стоит обратить внимание на российских производителей.

При этом учитывая соотношение «цена-качество», квалифицированную предпродажную подготовку, систему охлаждения, следует отдать прибору ПЧП-7. Опыты свидетельствуют, что разница между показаниями в двух вискозиметрических пробирках не превышает 5 %, что полностью отвечает требованиям стандарта.

Приборы для определения числа падения ПЧП-7 используют технологию «Эталон измерений», что означает – каждый прибор проходит испытания по ГОСТ 30498, поверку на соответствие метрологическим характеристикам, и настраивается по единому эталонному образцу [2].

Метод Кельдаля остается единственным общепризнанным методом определения белка и зачастую его применяют в качестве эталонного для калибровки и настройки других методов определения массовой доли белка и приборов для экспресс-анализа. Метод стандартизован (ГОСТ 10846-91«Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка») [1]. Многолетняя практика использования метода Кельдаля не нашла ему достойной альтернативы, так как он позволяет с высокой точностью определять количество азота, который является составной частью белков.

Заключение. Для расширения области аттестации лаборатории изучены вопросы о метрологическом обеспечении лаборатории.

Предложено приобрести необходимое оборудование для определения числа падений, освоение и внедрение нового метода по определению массовой доли белка.

По результатам сравнительной анализа приборов ПЧП для метрологического обеспечения измерений показателей качества по требованию ГОСТ Р 52554-2006 Пшеница. Технические условия рекомендован прибор определения числа падения ПЧП-7- оптимальный по всем характеристикам аппарат, является более точным, чем ранее применяемый.

Внедрен, освоен и валидирован «ГОСТ 10846-91 Зерно и продукты его переработки [1]. Метод определения белка» Согласно этому методу массовая доля белка в пшенице определяется только методом Кельдаля., который обеспечивает высокую достоверность результатов. При внедрении нового метода необходимо:

1. Приобрести соответствующую аппаратуру, материалы и химические реагенты.
2. Обучить и аттестовать специалиста для проведения измерений.
3. Организовать и аттестовать рабочее место для проведения измерений.

Расширение области аттестации позволит:

1. Выполнять не только свои заказы, но и принимать заказы от сторонних организаций.
2. Конкурировать в Российской Федерации путем признания протоколов измерения.
3. Снизить финансовые затраты для предприятия при экспорте пшеницы в Российскую Федерацию.

Список литературы

1. ГОСТ 10846-91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка// Постановлением Комитета стандартизации и метрологии СССР от 18.12.91 N 1995- М.: Стандартинформ, 2009.

2. ГОСТ 30498-97 (ИСО 3093-82) Зерновые культуры. Определение числа падения // Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол N 11 от 25 апреля 1997 г.). – М.: Стандартинформ, 2010.
3. ГОСТ Р 52554-2006 Пшеница. Технические условия// Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (от 27 июля 2016 г. N 89-П)- М.: Стандартинформ, 2019.
4. Указ Главы Донецкой Народной Республики «О применении стандартов на территории Донецкой Народной Республики» от 22.11.2016 № 399.
5. <http://www.gpagrodonbass.ru/web/about/info>: ГП «АГРОДОНБАСС» : сайт –Донецк, URL 25.10.2019.

УДК 006.86

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПОЛНЫХ, СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЙ НА АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ СТЕНДЕ АС-5 С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Гайдуль Н.А.

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

Введение. В настоящее время в лаборатории 0007, кафедры ФНПМиЭ смонтирован аэродинамический стенд АС-5. Данный стенд был разработан для исследования коэффициентов сопротивления в трубопроводе с периодически измеряющимся поперечным сечением. Эти исследования направлены на поиск оптимальной геометрии трубопровода переменного сечения, которая позволит уменьшить гидродинамические сопротивления по отношению к круглой цилиндр трубе эквивалентного диаметра. Стенд состоит из 2-х основ частей аэродинамической трубы прямого действия и ТПИПС. Аэродинамическая труба управляет с помощью частотного преобразователя, который позволяет с высокой точностью фиксировать заданную скорость потока, для создания потока воздуха используется вентилятор высокого давления типа ВВД-5 исходя из этого названия стенд назвали АС-5.

Основная часть. Экспериментальные исследования на АС-5 предполагают на различных скоростях потока воздуха исследования коэффициента полного гидродинамического сопротивления в трубопроводе с периодически измеряющимся поперечным сечением. А также исследования характеристик воздушного потока в этом трубопроводе. Основной физической величиной, измеряемой на этом стенде статические, полные и динамические давления. Изучена норматив документации по различным методам и средствам измерения давления с описанием их метролог характеристик [2].

Рассмотрены метролог характеристики жидкостного двухтрубного U-образного манометра с диапазоном измерения давлений и значением основной допустимой погрешности [1]. Приведена формула для измерения разности давления и расчет средне квадратических отклонений их погрешности. Исходя из этих данных, были проведены предварительные исследования диапазонов измеряемых давлений на АС-5. Было уст, что для проведения экспериментальных исследований необходимо измерить следующие давления: 1) Разность давления на конфузоре (ММН-2400); 2) Разность давлений на диафрагме (U-обр. манометр); 3) Статическое давление перед диафрагмой (U-обр. манометр); 4) Разность давлений на участке ТПИПС (ММН-2400); 5) Разность давлений на микротрубке Пито-Прандтля (ММН-2400). Исходя из этих расчетов, был проведен выбор датчиков давления «Сапфир-22ДД» модели 2410 с диапазоном измерения $\Delta P=1000$ Па., классом точности 0,25 [3].

Рассмотрена нормативная документация для разработки ИИС [4]. Приведена предлагаемая схема ИИС. В этой ИИС были использована микротрубка Пито-Прандтля для которой проведена поверка в ГП «Донецкстандартметрология», а так же преобразователь давления Сапфир 22дд модель 2410 с диапазоном от 0 до 1 000 Па кл. точ. 0,025. А также аналогово цифровой преобразователь NI Usb 6001. Обработка сигналов проводилась в программном обеспечении LabViewSignalExpress2015.[5] Проведена зависимость плотности сухого воздуха от температуры при нормальном атмосферном давлении.

Для исследования эффективности использования информационно измерительной системы и измерения профилей скорости в ТПИПС были проведены сравнительные эксперименты, которые заключались в след: на одном режиме работы стенда на выходе одного из конфузоров ТПИПС был измерен профиль скорости с помощью микротрубки Пито-Прандтля и ММН-2400 [6]. Для более детального сравнения характера изменения профилей скорости в пристеночной области на выходе из конфузора, на расстоянии до $r = 5$ мм эти профили скорости были построены в другом масштабе. И в ходе исследования стало видно, что использование ИИС позволяет получить результаты измерений с большей точностью. Это связано с тем, что использовался преобразователь давления САПФИР-22ДД, класс точности которого составляет 0,25. Кроме этого ИИС позволяет в течении 10 секунд записывать тысячу мгновенных значений давлений, которые в дальнейшем осредняются. Таким образом, можно сделать вывод, что ИИС позволяет получить значения скорости с более высокой точностью.

Заключение. В данной работе был составлен литературный обзор по методам и средствам измерения давлений в диапазоне от 0 до 10 000 Па. По проведенным экспериментальным исследованиям полных, статических и динамических давлений на аэродинамическом стенде АС-5 с

использованием U-образного манометра и микроманометра ММН-2400 был определен диапазон измеряемых давлений.

Для информационно измерительной системы были предложены преобразователи давления типа «Сапфир», для измерения полых, статических и динамических давлений. Разработана информационно измерительная система с использованием датчика давления «Сапфир-22ДД модель 2410». Проведен сравнительный анализ профилей средней скорости на выходе сечения конфузора ТПИПС с помощью микротрубки Пито-Прантдля и микроманометра ММН 2400, а также с использованием ИИС.

Проведенный сравнительный анализ измерений показал, что точность измерения профилей средней скорости с использованием ИИС в 1,5 раза выше, чем измерения с помощью микротрубки Пито-Прантдля и микроманометра ММН- 2400.

Список литературы

1. ГОСТ 11161-84. Микроманометры жидкостные. Типы и основные параметры. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 4 с.
2. ГОСТ 8.010-2013. ГСОЕИ. Методики выполнения измерений. Основные положения. – Введен впервые; введ.01.03.2015 – М.: Стандартом, 2014. – 12 с.
3. ГОСТ Р 8.886-2009. Государственная поверочная схема для средств измерений скорости воздушного потока. – Введен впервые; Введ. 01.05 2016-М.: Стандратиформ, 2016. – 10 с.
4. Измерительные информационные системы: Учебное пособие для вузов. Н.А. Рубичев. – М.: Дрофа, 2010. – 334 с.
5. Метрологическое обеспечение измерительных информационных систем (теория, методология, организация) / Е.Т. Удовиченко, А.А. Брагин, А.Л. Семенюк и др. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 192 с.
6. Измерительные информационные системы: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. Цапенко М.П.: Энергоатомиздат, 1985. – 357 с.

УДК 53.082.731.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ СХЕМЫ ПЬЕЗОКРИСТАЛЛОВ

Григорьев Е.С., канд. физ.-мат. наук, *Борисова Н.И.*, канд. физ.-мат. наук,
Полянский А.А., *Зотов А.Е.*

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, РФ
grigoryev_eu@mail.ru

При механической деформации некоторых кристаллов на определённых гранях этих кристаллов возникают электрические заряды. Знак заряда зависит от типа деформации (растяжение, сжатие).

Явление возникновения электрической поляризации в диэлектрических кристаллах под действием механических напряжений называется прямым пьезоэффектом. Существует и обратное явление – возникновение в этих же кристаллах упругих деформаций и механических напряжений под действием внешнего электрического поля (обратный пьезоэффект).

Пьезоэлектрический резонатор в самом общем смысле представляет собой упругое тело из пьезоэлектрического кристаллического материала, способное приходить в состояние резонансных колебаний под действием электрического поля соответствующей частоты. В простейшем случае – это пластинка или брусков определённых размеров, формы и ориентации по отношению к кристаллографическим осям. Для подведения электрического напряжения к резонатору на соответствующие поверхности его наносятся металлические (например, серебряные) электроды. Такой резонатор представляет собой «колеблющийся» конденсатор (между металлическими электродами находится пьезоэлектрический диэлектрик).

Переменное электрическое поле возбуждает резонатор (т.е. вызывает переменные деформации) посредством обратного пьезоэффекта. Переменная деформация, в свою очередь, вызывает пьезоэлектрические заряды на электродах посредством прямого пьезоэффекта. Эти пьезоэлектрические заряды оказывают так называемую обратную пьезоэлектрическую реакцию на возбуждающий генератор.

Поведение резонатора в электрической цепи теоретически можно описать, заменив резонатор эквивалентной схемой.

Эквивалентной электрической схемой называется группа элементов R , L , C , C_0 (сопротивление, индуктивность, ёмкости соответственно), соединённые друг с другом так, что, подставив вместо действительного резонатора эту группу R , L , C , C_0 , мы получим, что её воздействие на внешнюю цепь будет таким же, как воздействие самого резонатора. Величины R , L , C , C_0 , а также способ их соединения между собой получают из общих уравнений движения резонатора. Для определения эквивалентных параметров необходимо измерить резонансную и антирезонансную частоты резонатора.

Установка, представленная в статье, является интерпретацией метода «резонанса – антирезонанса», в которой присутствует необходимость для проведения лабораторных работ в курсе физики. Она позволяет экспериментально исследовать зависимость электрического напряжения от частоты пьезоэлектрического резонатора.

Установка состоит из генератора, мультиметра, резисторов и пьезокерамического образца $Pb_{0,95}Sr_{0,05}Zr_{0,53}Ti_{0,47}O_3$. Мультиметр подключается к нагрузочному сопротивлению R_1 и используется для измерения напряжения. Электрическая схема установки приведена на рис. 1.

Пьезокерамический образец $Pb_{0,95}Sr_{0,05}Zr_{0,53}Ti_{0,47}O_3$ с нанесёнными электродами зажимается по центру в держателе П. Увеличивая частоту

генератора G, можно найти такое значение частоты f , при котором будет наблюдаться максимальное значение напряжения на мультиметре – это резонансная частота f_p .

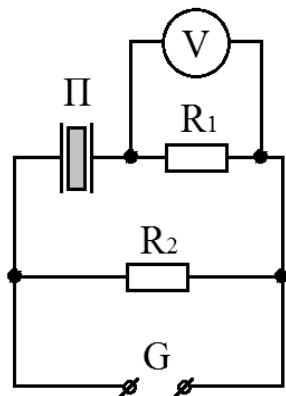


Рис. 1. Электрическая схема установки:
 G – генератор Г3-109; R₁ – сопротивление нагрузки; R₂ – согласующее сопротивление;
 П – образец; V – мультиметр М832, работающий в режиме измерения напряжения

При дальнейшем увеличении частоты генератора напряжение на нагрузочном сопротивлении будет уменьшаться. Наименьшее значение напряжения будет соответствовать антирезонансной частоте f_a .

Зная все эквивалентные параметры резонатора, можно вычислить его добротность, емкостное отношение, физические константы кристалла (диэлектрическую проницаемость, пьезоэлектрические и упругие коэффициенты).

УДК 621.923

УСТАНОВКА ДЛЯ ЭКСПРЕСС ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ МАГНИТНО-АБРАЗИВНЫХ ПОРОШКОВ

Полищук В.С., д-р техн. наук, Пересадченко А.Н.,

Алексов Ю.А., Волошанович И.Н.

ГУ НИИ «Реактивэлектрон», г. Донецк, ДНР

reaktivelektron@mail.ru

Введение. Способность магнитного поля воздействовать на ферромагнитные тела с силой, достаточной для абразивного резания, позволила создать такие процессы абразивной обработки, при которых энергия магнитного поля превращается в механическую работу резания непосредственно в зоне обработки без каких-либо промежуточных механизмов-преобразователей. Такой процесс был назван магнитно-абразивной обработкой (МАО). Выстраиваясь вдоль силовых линий

магнитного поля, композитный магнитно-абразивный порошок (КМАП) образует своеобразную абразивную щетку, которая производит обработку детали [1].

Вопрос о магнитных свойствах гранулированных композитных порошков, которыми являются КМАП, сравнительно мало изучен [2]. В магнитном поле магнитно-абразивные частицы кроме выстраивания вдоль силовых линий магнитного поля взаимодействуют между собой, образуя сложные структуры.

Основная часть. Реальная магнитно-абразивная масса КМАП, зерна которой отличаются друг от друга размерами, формой и магнитными свойствами, в магнитном поле образует формирования, объединяющие в себе особенности системы параллельных цепочек и системы плотной упаковки. В массе порошка образуются отдельные неправильной формы цепочки, каждая из которых представляет собой довольно компактную систему.

Они объединяются в группы, которые представляют собой конусообразные столбики, расположенные своими основаниями на поверхности полюсных наконечников, и веретенообразными формированиями, расположенными в средней по ширине части рабочих зон (рис. 1). При этом обеспечивается формирование практически сплошного порошкового инструмента, у которого связкой является магнитное поле [3].

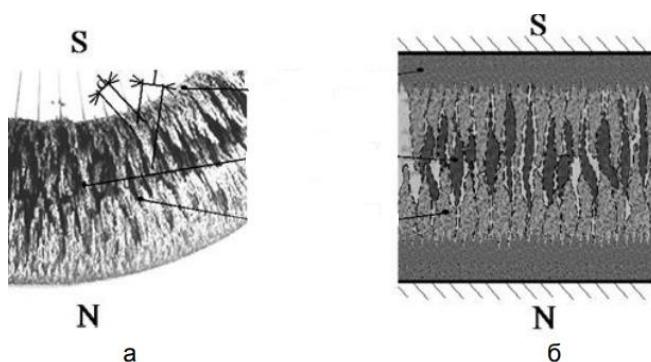


Рис. 1. Внешний вид магнитно-абразивного инструмента в рабочем состоянии в зоне обработки – а и его структурно-схематическое представление – б

Размер (масса) формирований зависит от магнитных свойств гранул, величины и формы магнитного поля. В ГУ НИИ «Реактивэлектрон» разработана методика и создана установка, измеряющая массу структур (магнитно-массовая проба), образующихся в магнитном поле.

Метод определения магнитно-массовой пробы (ММП) композитных магнитно-абразивных порошков заключается в измерении массы порошка, удерживаемого электромагнитом при протекании по нему фиксированной величины постоянного электрического тока.

Установка для измерения магнитно-массовой пробы показана на рис. 2. Она состоит из двух основных узлов, объединенных в общую

электрическую схему: электромагнит (позиция 1) с сердечником (позиция 2) и источник постоянного тока типа Б5-21 (позиция 3), который обеспечивает ступенчатую и плавную регулировку силы постоянного тока в диапазоне 0÷10А.



Рис. 2. Установка для определения магнитно-массовой пробы магнитно-абразивных порошков

Электромагнит представляет собой намотанную на латунном каркасе катушку, снабженную осевым сердечником из магнитно-мягкого материала. Электромагнит генерирует индукцию магнитного поля от 0 до 50 мТл.

Измерения проводили следующим образом. В фарфоровую чашку (поз.4) насыпали порошок и пластиной удаляли избыток порошка. Чашку с порошком подносили вплотную соосно к диску электромагнита, включали электромагнит. Контролировали по амперметру источника постоянного тока величину рабочего тока (она должна быть 6,6 А), затем плавно опускали вниз чашку с непрятянувшимся к электромагниту порошком. Подставляли под электромагнит чашку с известной массой и отключали электромагнит, при этом в чашку осыпается порошок, удерживавшийся электромагнитом. Затем взвешивали чашку с порошком. Вычисляли магнитно-массовую пробу (ММП) в граммах по разнице массы чашки с порошком и массы чашки без порошка.

По указанной методике измеряли ММП пластинчатых КМАП на основе карбида титана и железа (крупностью 200/250 мкм) различной степени анизотропии геометрической формы частиц (диаметр/толщина). Производительность МАО этих материалов измеряли при обработке цилиндрического образца из Ст. 45 диаметром 10мм согласно методике [4].

Результаты измерений приведены в таблице.

Таблица

Степень анизотропии формы	ММП, г	Производительность МАО, мг/мин.
14,6	90	50
7,6	70	29
3,8	40	21

Из таблицы видно, что ММП однозначно коррелирует с производительностью МАО и степенью анизотропии формы частиц КМАП.

Заключение. Для исследования магнитных свойств КМАП разработана и создана установка, позволяющая провести экспресс-анализ качества магнитно-абразивных порошков, путем измерения магнитно-массовой пробы, сформированной в магнитном поле.

Список литературы

1. Полищук В.С. Магнитно-абразивная обработка высокоэффективный метод повышения производительности, качества и стойкости изделий / В.С. Полищук // Строительные и дорожные машины. № 1. – 2009. – С.30-37.
2. Сандуляк А.А. О свойствах «коротких» гранулированных магнетиков с неупорядоченными цепочками гранул: поле между гранулами / А.А. Сандуляк, В.А. Ершова, Д.В. Ершов и др. // ФТТ 52, 10 (2010).
3. Степанов О.В. Анализ динамических характеристик ферроабразивного инструмента при магнитно-абразивной обработке / О.В. Степанов, В.С. Майборода, В.Я. Шлюко и др. // Технология и автоматизация машиностроения. – 1989. – №43. – С. 94-97.
4. Хомич Н.С. Магнитно-абразивная обработка изделий: монография / Н.С. Хомич. – Мин.; БИТУ, 2006. – 218 с. ISBN 985-479-550-0.

УДК 621.386.1.001.42:725.5

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ КОНТРОЛЯ ЭСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

*Славко А.А.¹, Недопекин Ф.В.¹, д-р техн. наук, проф.,
Бондаревский-Колотий В.А.²*

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

²Донецкое клиническое территориальное медицинское объединение, ДНР
orbdoktmo@gmail.com

Введение. По данным экспертов Организации Объединенных Наций от 40 до 60 % суммарной дозы ионизирующего излучения искусственного происхождения население Земли получает от источников, используемых в медицине для диагностических и лечебных процедур [1]. Отечественные ученые [2] прогнозируют рост использования современных высокодозных методик для лечения и диагностики (компьютерная томография, интервенционные исследования), что неизбежно ведет к росту дозовой нагрузки на население и персонал, и обуславливает необходимость совершенствования системы радиационной защиты в медицине. Отмечается, что в структуре лучевой диагностики удельный вес рентгенографических и флюорографических исследований составляет 95 %. При этом основной вклад в

коллективную дозу облучения населения вносит компьютерная томография (50,5 %).

Важнейшим условием снижения доз облучения при рентгенодиагностических исследованиях является техническое состояние используемого оборудования. Несоответствие рентгеноборудования техническим регламентам может приводить как к повторному облучению пациентов, так и получению недостоверных результатов исследований. Для минимизации доз пациентов, исключения риска необоснованного облучения и повышения качества исследований необходимо проводить периодический контроль эксплуатационных параметров рентгеновского оборудования [3].

Цель исследования состояла в обосновании необходимости совершенствования контроля эксплуатационных параметров рентгенодиагностического оборудования, и оценке парка данного оборудования по типам и срокам эксплуатации в учреждениях здравоохранения ДНР.

Основная часть. За основу исследования состояния парка рентгенодиагностического оборудования в учреждениях здравоохранения были взяты протоколы дозиметрического контроля рабочих мест персонала, проведенного службой радиационной безопасности ДОКТМО за 2018-2019 гг. При анализе учитывался срок эксплуатации рентгенодиагностического оборудования, его тип и город (населенный пункт), в котором располагается учреждение здравоохранения. Основные данные по типам аппаратов, их количеству и сроках эксплуатации представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1
Распределение аппаратов по типам и городам

Город	Тип рентгенаппаратов									Всего аппаратов, шт	
	Ангиограф	Денситометр	Дентальный	Диагностический	Компьютерный томограф	Лиготриптер	Маммограф	Ортопантомограф	Палатный передвижной		
Горловка	–	–	12	27	2	–	5	1	2	16	65
Донецк	9	2	43	131	13	3	10	2	34	48	295
Енакиево	–	–	7	16	2	–	1	–	11	12	49
Макеевка	–	–	13	29	1	–	2	–	16	24	85
Другие	–	–	27	57	3	–	5	1	24	44	161
Всего, шт	9	2	102	260	21	3	23	4	87	144	655
Всего, %	1,4	0,3	15,6	39,7	3,2	0,5	3,5	0,6	13,3	22	100

Результаты исследования показывают, что всего в учреждениях здравоохранения находятся 655 аппаратов. Наибольшее количество в городах Донецк 45 %, Макеевка 13 %, Горловка 9,9 %, Енакиево 7,5 %. Обращает на себя внимание то, что диагностические, флюорографические и дентальные аппараты составляют наибольшую часть парка рентгеноаппаратуры – 39,7 %, 22 %, 15,6 % соответственно.

На долю аппаратов со сроком эксплуатации до 10 лет приходится 15,4 % от общего количества рентгенаппаратов, от 10 до 19 лет – 22,6 %, от 20 до 29 лет – 12,2 %, от 30 до 39 лет 35,6 % и более 40 лет эксплуатации 14,2 %.

Проведенные исследования зарубежных и отечественных специалистов [4,5], занимающихся контролем эксплуатационных параметров, показывают, что среди аппаратов, срок эксплуатации которых превышает 10 лет, более 40 % не проходят проверку на соответствие параметров. Больше всего отклонений контролируемых параметров относится к рентгенодиагностическим аппаратам серии РУМ, Рентген. По дентальным аппаратам наиболее неудовлетворительны по соответствуанию эксплуатационных параметров аппараты марки 5Д2, а среди флюорографов – 12Ф7.

Таблица 2
Распределение аппаратов по типам и срокам эксплуатации

Срок эксплуатации	Тип рентгенаппаратов									Всего аппаратов	
	Ангиограф	Денситометр	Дентальный	Диагностический	Компьютерный томограф	Литотриптер	Маммограф	Ортопантомограф	Палатный передвижной		
Менее 10 лет	5	–	23	33	6	–	5	–	16	13	101
10-19 лет	4	2	29	46	13	3	5	2	18	26	148
20-29 лет	–	–	17	40	1	–	2	–	10	10	80
30-39 лет	–	–	23	92	1	–	8	2	33	74	233
Более 40 лет	–	–	10	49	–	–	3	–	10	21	93
Всего	9	2	102	260	21	3	23	4	87	144	655

Необходимость совершенствования нормативной базы показывает проведенная сравнительная оценка действующих СанПиН 6.6.3-150-2007 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов и проведению рентгенологических процедур» (Украина) [6] и действующих на территории РФ СанПин 2.6.1.1192-03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических процедур» [7].

Анализ показал, что в СанПиН 6.6.3-150-2007 (п.9.31) указана необходимость обеспечения безопасной эксплуатации рентгенодиагностического оборудования и проверки эксплуатационных параметров пользователем, но перечень параметров не приводится. При этом, в Приложении №10 СанПин 2.6.1.1192-03 представлены эксплуатационные параметры для контроля питающего устройства и излучателя, преобразователя изображения и фотолабораторного оборудования. Для полного контроля рентгеновского аппарата необходимо проверить 23 параметра. Проверка каждого параметра требует соответствующей методики выполнения измерений, необходимого комплекта измерительных приборов, наличия специальных приспособлений и тест-объектов. Оценка параметров рентгеновских аппаратов должна учитывать как срок эксплуатации, так и его тип.

Заключение. Таким образом, действующий ГОСТ 26140-84 «Аппараты рентгеновские медицинские. Общие технические условия» [8] морально устарел и не регламентирует все необходимые параметры для оценки современной рентгенодиагностической аппаратуры. Учитывая это, возникает необходимость разработки протоколов контроля эксплуатационных параметров для различных типов рентгеновского оборудования с использованием стандартов Российской Федерации, что определяет направление для дальнейших исследований.

Список литературы

1. Источники и эффекты ионизирующего излучения: отчёт Научного комитета ООН по действию атомной радиации 2000 года Генеральной Ассамблеи ООН с научными приложениями; том 1: Источники (часть 1): пер. с англ. / под ред. Л.А.Ильина и С.П. Ярмоненко. – М.: РАДЭКОН, 2002. – 308 с.
2. Онищенко Г.Г., Попова А.Ю., Романович И.К., Водоватов А.В., Башкетова Н.С., Историк О.А., Чипига Л.А., Шацкий И.Г., Репин Л.В., Библин А.М. Современные принципы обеспечения радиационной безопасности при использовании источников ионизирующего излучения в медицине. Часть 1. Тенденции развития, структура лучевой диагностики и дозы медицинского облучения. Радиационная гигиена. 2019;12(1):6-24. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2019-12-1-6-24>.
3. Саранчукова Е. В., Чешкова О. Ф., Гончаров Г. Г., Мерзликина Н. В. Опыт работы по радиационной безопасности при эксплуатации медицинских рентгеновских аппаратов // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2009. – №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optyt-raboty-po-radiatsionnoy-bezopasnosti-pri-ekspluatatsii-meditsinskikh-rentgenovskikh-apparatov> (дата обращения: 19.10.2020).
4. Божко В. Контроль эксплуатационных параметров рентгеновского оборудования / Вячеслав Божко // Человек. Энергия. Атом. - 2015. - №2(24). - С. 46-47.
5. Чередникова А.А., Иванов С.И. Гигиеническая оценка и характеристика медицинских рентгеновских аппаратов, эксплуатируемых в учреждениях здравоохранения Рязанской области // Рос. мед.-биол. вестн. им. акад. И.П. Павлова. 2010. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gigienicheskaya-otsenka-i-harakteristika-meditsinskikh-rentgenovskikh-apparatov-ekspluatiruemyh-v-uchrezhdeniyah-zdravoohraneniya> (дата обращения: 21.10.2020).

6. СанПиН 6.6.3-150-2007 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов и проведению рентгенологических процедур» (Украина) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1256-07/ed20070604#Text>.
7. СанПин 2.6.1.1192-03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических процедур» http://gost-rf.ru/view_post.php?id=1461
8. ГОСТ 26140-84 «Аппараты рентгеновские медицинские. Общие технические условия» <http://docs.cntd.ru/document/gost-26140-84>

УДК 006.86

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОФИЛЕЙ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ И ПУЛЬСАЦИЙ СКОРОСТИ В ТРУБОПРОВОДЕ С ПЕРИОДИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ПОПЕРЕЧНЫМ СЕЧЕНИЕМ

Финошин Н.В., канд. физ.-мат наук, доц., **Доскалова К.О.**
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
karinadoskalova1@yandex.ru

Введение. Исследование течений в трубопроводе с периодически изменяющимся поперечным сечением (ТПИПС) связано с исследованием возможности снижения полного гидродинамического сопротивления по сравнению с прямым круглым трубопроводом постоянного сечения.

Для этого необходимо исследовать структуру потока в ТПИПС. Основными характеристиками потока в ТПИПС являются профили средней скорости и профили пульсаций скорости. Эти характеристики позволяют связать их с полными сопротивлениями ТПИПС.

Задача данных исследований заключается в нахождении такой геометрии ТПИПС, которая позволяет получить такие основные характеристики потока в ТПИПС, которые позволят снизить полное гидродинамическое сопротивление в ТПИПС.

Основная часть. Экспериментальные исследования профилей средней скорости и профилей продольных пульсаций скорости проводились на аэродинамическом стенде, состоящем из аэродинамической трубы прямого действия и трубопровода с периодически изменяющимся поперечным сечением, состоящим из 5 секций. Каждая из этих секций состоит из 4-х конфузорно-диффузорных участков. Схема одной из секций ТПИПС приведена на рис. 1.

Из рис. видно, что измерительные сечения выбраны на выходе 1-го и 2-го диффузоров (сечения 7 и 3- соответственно), на выходе из 2-го и 3-го конфузоров (сечения 5 и 1- соответственно), а также в средних сечениях 2-го конфузора, 2-го диффузора и 3-го конфузора (сечения 6, 4, 2 – соответственно).

Выходной диаметр каждого диффузора составляет $d_d = 78,1$ мм. Выходной диаметр каждого конфузора составляет $d_k = 63,9$ мм. Средний диаметр $d_{cp} = 70,1$ мм. Длина диффузорной секции $l_d = 213$ мм. Длина конфузорной секции $l_k = 71$ мм. Форма образующей диффузорных и конфузорных секций изготовлена по закону синуса.

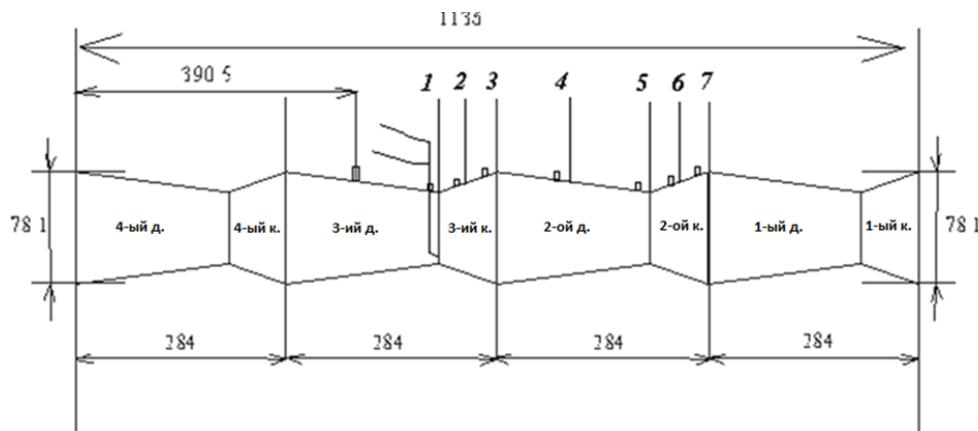


Рис. 1. Схема сечений ТПИПС, в которых измерялись профили скорости:
1, 5 – сечения на выходе из конфузорных участков; 2, 4, 6 – средние сечения ТПИПС;
3, 7 – сечения на выходе из диффузорных участков

Для измерения профилей средней скорости в различных сечениях ТПИПС была специально изготовлена микротрубка Пито-Прандтля. Внешний диаметр трубочек, из которых изготовлена микротрубка Пито-Прандтля, составляет $d_{tp} = 1,3$ мм.

Исходя из этого, первая точка измерения от стенки находится на расстоянии $\frac{d_{tp}}{2} = 0,65$ мм.

Для перемещения микротрубки Пито-Прандтля по радиусу ТПИПС от стенки к центру, использовался координатник с шагом перемещения $h = 0,1$ мм. В качестве средства измерения разности полного и статического давлений на микротрубке Пито-Прандтля использовался микроманометр с наклонной трубкой ММН-2400.

На рис. 2 и 3 приведены профили средней скорости на выходе из 1-го и 2-го диффузоров и на выходе из 2-го и 3-го конфузоров (соответственно).

Из кривых распределения средней скорости в сходственных сечениях следует, что оба профиля, с учетом погрешности отсчета по шкале ММН-2400, эквивалентны для сечений на выходе из конфузоров и на выходе из диффузоров. На выходе из диффузора профили средней скорости не имеют перегибов, а на выходе из конфузора этот перегиб присутствует.

Перегиб средней скорости на выходе из конфузора в пристеночной области (2-4 мм от стенки) говорит о наличии в этой области вихревых структур.

На рис. 4 приведены профили продольных пульсаций скорости в выходом сечении 3-го конфузора (сечение 1) и выходном сечении 1-го диффузора (сечение 7).

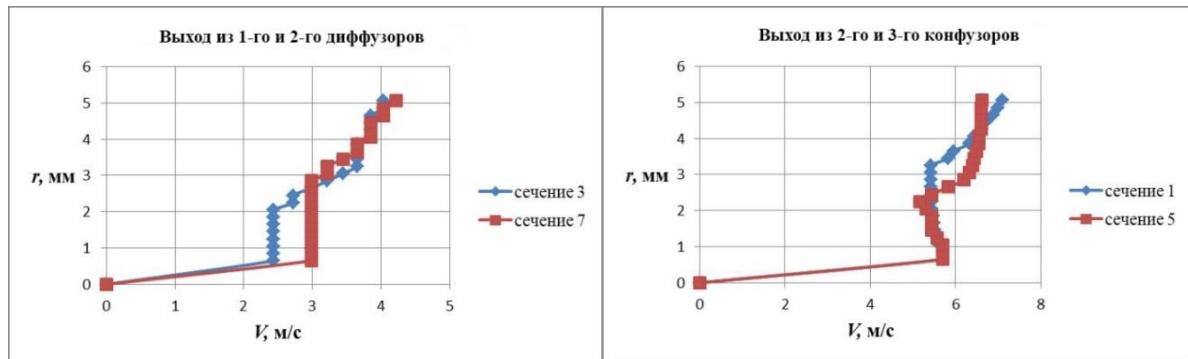


Рис. 2. Профили средней скорости на выходе из 1-го и 2-го диффузоров

Рис. 3. Профили средней скорости на выходе из 2-го и 3-го конфузоров

Из рис. 4 видно, что интенсивность продольных пульсаций наибольшая в пристеночной области как в конфузоре, так и в диффузоре.

Однако в конфузоре, как это и должно соответствовать физике потока в конфузоре, интенсивность продольных пульсаций скорости значительно меньше, чем в диффузоре.

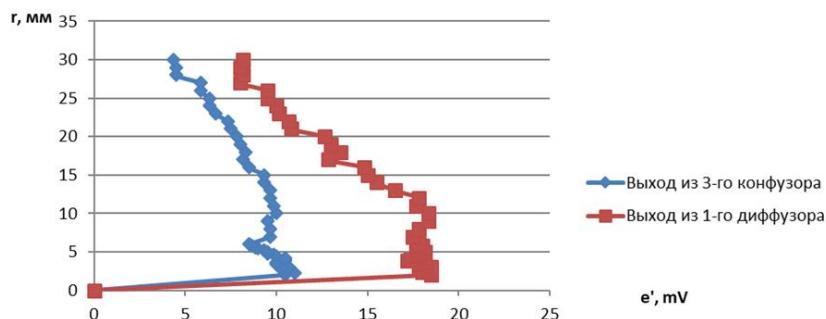


Рис. 4. Амплитуда пульсаций скорости для выходного сечения из конфузора и выходного сечения из диффузора

Заключение. Проведены экспериментальные исследования профилей средней скорости и профилей пульсаций скорости в различных сечениях ТПИПС. По результатам экспериментальных исследований сделан вывод о том, что в выходных сечениях конфузоров профиль скорости в пристеночной области имеет перегиб, что свидетельствует о наличии в этой зоне вихревых структур. Интенсивность пульсаций скорости больше в пристеночной области диффузора, чем конфузора.

Список литературы

- Горлин С.М. Аэромеханические измерения. Методы и приборы / С.М. Горлин, И.И. Слезингер. – М.: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1964. – 720 с.
- HSU and John F. Kennedy. Turbulent flow in vary pipes. – Y. Flaid Meek, 1971. – Vol. 47, part 3. – P. 481-502.

РАЗРАБОТКА АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ВЕСОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Финошин Н.В., канд. физ.-мат наук, **Заключенко Е.Ю.**

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

vertograd2@mail.ru

Введение. В связи с восстановлением большой аэродинамической трубы замкнутого типа с открытой рабочей частью на кафедре физики неравновесных процессов, метрологии и экологии им. И.Л. Повха, возникла необходимость изучения обтекания тел воздушным потоком. Основными аэродинамическими характеристиками обтекаемого тела являются коэффициенты лобового сопротивления, подъемной силы, и тангажа [1]. Аэродинамические весы позволяют измерить эти коэффициенты. В связи с этим было принято решение разработать аэродинамические весы для измерения коэффициентов лобового сопротивления и подъемной силы.

Цель – описание схемы аэродинамических весов. Анализ погрешностей статической градуировки продольной компоненты аэродинамических весов.

Основная часть. Аэродинамические весы механического типа с жесткой подвеской модели (рис. 1) состоят из: поддерживающей рамы, плавающей рамы, механической системы разложения сил, тензодатчиков соединенных с выходными звеньями системы разложения сил [2].



Рис. 1. Аэродинамические весы

Датчиками нагрузки являются тензодатчики SPX500g.

Они предназначены для преобразования воздействующей на них статической силы в нормированный выходной электрический сигнал. Диапазон нагружаемой силы, измеряемый с помощью датчиков давления, составляет от 0 до 500 грамм.

От датчиков сигнал подается через канал на усилители.

Это дифференциальные усилители, построенные на трех ОУ, имеющие высокий коэффициент подавления синфазного входного сигнала.

Усилители расположены в масштабируемом устройстве (рис. 2). Масштабируемое устройство представляет собою короб, на лицевой панели которого расположены индикаторы, калибровочные установки нуля и максимальной нагрузки (500 гр.).



Рис. 2. Масштабируемое устройство

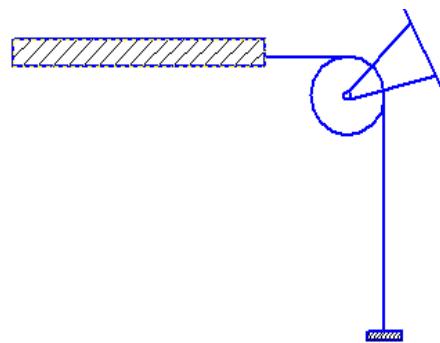


Рис. 3. Статическая градуировка

Для проведения статической градуировки продольной компоненты аэродинамических весов, нагрузку подаем на подвижную раму весов с помощью нити перекинутой через блок, закрепленный на штативе (рис. 3). На другом конце нити прикрепляем чашу для разновесов. Нагрузка на тензодатчик осуществляется через механическую систему разложения сил.

Нагружая чашу разновесами и снимая показания с циферблата, проводим градуировку аэродинамических весов. Данные шести серий измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1
Данные по статической градуировке продольной компоненты

Масса разновесов в граммах	Показания аэродинамических весов в граммах							
	m1,г	m2,г	m3,г	m4,г	m5,г	m6,г	ср.знач,г	Δ(ср.зн),г
0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	-1,7
50	33	34	12	24	11	10	20,66667	29,33333
100	46	58	64	60	51	52	55,16667	44,83333
150	93	90	74	86	78	79	83,33333	66,66667
200	178	115	161	117	156	159	147,66667	52,33333
250	255	206	206	218	193	194	212	38
300	283	287	300	347	290	298	300,8333	-0,83333
350	384	400	380	392	350	351	376,1667	-26,1667
400	428	447	420	413	431	394	422,1667	-22,1667
450	486	477	469	447	480	450	468,1667	-18,1667
500	496	498	498	497	499	496	497,3333	2,666667

По данным табл. 1 построен график зависимости показаний аэродинамических весов от массы разновесов (рис. 4). После обработки данных эксперимента, была получена линейная зависимость показаний аэродинамических весов от массы разновесов, которая имеет вид $m_{\text{ист}} = kx + b$, где $k = 1,1105$, а $b = -42,618$.

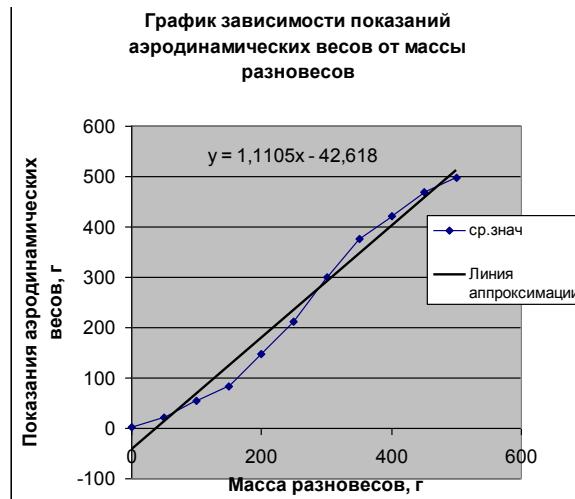


Рис. 4. График зависимости показаний аэродинамических весов от массы разновесов

Заключение. Исходя из экспериментальных данных, можно сделать вывод, что при статической градуировке аэродинамических весов по продольной компоненте, на всем диапазоне, от 0 до 500 грамм, показания аэродинамических весов незначительно отличаются от градуировочной прямой. Это связано с трением и работой рычагов в звеньях системы разложения сил аэродинамических весов. В связи с этим в настоящее время продолжается работа по устранению этого недостатка. Планируется во всех узлах аэродинамических весов установить микроподшипники.

Список литературы

1. Повх И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении / И.Л. Повх. – Л.: Машиностроение, 1974. – 479 с.
2. Горлин С.М. Аэромеханические измерения. Методы и приборы / С.М. Горлин, И.И. Слезингер. – М.: Наука, 1964.

Прикладная экология

УДК 502.5:614.7

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ЭКОЛОГИИ

Базарский О.В., д-р физ.-мат. наук, проф.,
Кочетова Ж.Ю., канд. хим. наук, доц., **Андреевский И.А.**
ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора
Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, РФ
zk_vva@mail.ru

Введение. Около 300 лет назад сформировалась и интенсивно развивается наука метрология, которая на современном этапе определяется как «наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности». Это определение подчеркивает практическую направленность метрологии, изучающей компоненты систем путем измерения физических величин и разрабатывающей необходимые правила, нормы, стандарты [1]. Экологическая метрология – наука об измерениях в экологии и природопользовании – выходит за рамки общей метрологии, так как на практике специалистов-экологов интересуют показатели, которые по своему содержанию нельзя назвать только физическими величинами. Само понятие «измерение» в экологической метрологии трактуется в эмерджентном смысле, подразумевая наличие у системного целого особых свойств, не присущих его подсистемам и блокам, а также сумме элементов, не объединенных системообразующими связями [2].

В действующих стандартах выделяют четыре эмерджентных уровня природно-антропогенных нарушений: норма, риск, кризис, бедствие [3]. В основу выделения этих уровней положено ранжирование нарушений экосистем по глубине и необратимости, по имеющим физическое выражение признакам постфактум (вырождение почвы, исчезновение леса, вымирание рыбы и т.д.).

При оценке экологической ситуации на текущий момент пользуются интегрально-индикационными показателями, которые отражают только напряженность антропогенного воздействия на природу, но не могут предсказать суммарный экологический эффект. Кроме того, не разработаны единые индикаторы и шкала для измерения качества окружающей среды.

Основная часть. В Российской Федерации состояние экологической системы определяется по суммарному концентрационному коэффициенту, который характеризует геохимические изменения, происходящие в объектах окружающей среды под воздействием антропогенных факторов [4]. Показатель носит региональный характер и не отражает влияние

уровня загрязнения окружающей среды на человека. Не учитываются случаи, когда концентрации загрязнителей в объектах среды не превышают фоновые. С таким подходом сложно согласиться, так как число учитываемых загрязнителей, их валовое содержание в депонирующих средах различных функциональных зон и фоновые концентрации для отдельных территорий могут различаться. Этот факт приводит к появлению неоднозначности в сравнительном экологическом анализе как в территориальном, так и во временном плане.

Предлагается проводить оценку интегрального загрязнения почв с помощью уточненного суммарного показателя S – информационного отклика системы на внешние воздействия [4]:

$$S = \log_2 K = \log_2 \left(\frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n} \right) = \sum_{i=1}^n K_i - \log_2 n, \quad (1)$$

где K – коэффициент концентрации – отношение фактической концентрации загрязнителя в почве к ее фоновому значению; n – число приоритетных загрязнителей.

Уточненный суммарный показатель загрязнения учитывает все значения K_i и не зависит от соотношения фактической и фоновой концентраций. Снизу он ограничен величиной (-3). Сверху показатель не ограничен, что требует стандартизации числа изучаемых загрязнителей n и разработки соответствующей шкалы ранжирования показателя S .

Разработан алгоритм расчета комплексного показателя геоэкологической ситуации локальной урбанизированной территории с учетом уточненного суммарного показателя загрязнения грунтов, рассчитанного относительно фоновых концентраций приоритетных загрязнителей, и их токсичности. Для этого вводятся категории загрязнителей, описывающие состояние исследуемой территории в каждой точке пробоотбора: $S_k = K_i$ – энтропия сообщения в точке пробоотбора грунтов по i -тому загрязняющему. По полученным значениям S_i точке пробоотбора вычисляется комплексный показатель геоэкологического состояния почв с учетом экологической опасности загрязнителей:

$$S_{\sum} = S_1 \cdot \gamma_1 + S_2 \cdot \gamma_2 + S_3 \cdot \gamma_3 + \dots + S_i \cdot \gamma_i, \quad (2)$$

где γ_i – коэффициент экологической опасности категории загрязнителей в соответствии с их токсичностью ($\gamma_1 = 1$ – малоопасные; $\gamma_2 = 1,5$ – умеренно опасные; $\gamma_3 = 2$ – высокоопасные).

Проведено ранжирование категорий и комплексного показателя состояния почв по уровню загрязнения для $n = 8$ приоритетных загрязнителей почв (таблица 1).

Таблица 1

Ранжирование категорий и комплексного показателя геоэкологической ситуации

Ранг	Категория					Уровень опасности
	$S_{\text{керосин}} \cdot \gamma_1$	$S_{\text{тяж.мет.}} \cdot \gamma_2$	$S_{\text{нитраты}} \cdot \gamma_1$	$S_{\text{формальдегид}} \cdot \gamma_3$	S_{Σ}	
Фон	$S_K < 0,5$	$S_{TM} < 0,75$	$S_N < 0,5$	$S_{FA} < 1$	$S_{\Sigma} < 2,75$	Синий
Норма	$0,5 < S_K \leq 1$	$0,75 < S_{TM} \leq 6$	$0,5 < S_N \leq 1$	$1 < S_{FA} \leq 2$	$2,75 < S_{\Sigma} \leq 10$	Серо-голубой
Экологич. риск	$1 < S_K \leq 4$	$6 < S_{TM} \leq 12$	$1 < S_N \leq 4$	$2 < S_{FA} \leq 8$	$10 < S_{\Sigma} \leq 28$	Зеленый
Компенс. кризис	$4 < S_K \leq 8$	$12 < S_{TM} \leq 18$	$4 < S_N \leq 8$	$8 < S_{FA} \leq 16$	$28 < S_{\Sigma} \leq 50$	Желтый
Некомпенс. кризис	$8 < S_K \leq 12$	$18 < S_{TM} \leq 24$	$8 < S_N \leq 12$	$16 < S_{FA} \leq 24$	$50 < S_{\Sigma} \leq 72$	Оранжевый
Бедствие	$S_K > 12$	$S_{TM} > 24$	$S_N > 12$	$S_{FA} > 24$	$S_{\Sigma} > 72$	Черный

Заключение. Комплексный показатель позволяет повысить качество оценки загрязнения объектов окружающей среды, так как учитывает все основные загрязнители исследуемой территории независимо от их содержания в депонирующей среде относительно фоновой концентрации, а также класс их опасности. Выбор загрязнителей-маркеров экологического состояния территорий, которые являются причиной экологически обусловленных заболеваний, является важной задачей современной экологической метрологии, решение которой позволит унифицировать шкалу оценки антропогенного воздействия на природную среду и безопасность жизни человека, проводить комплексный анализ экологической ситуации на региональном и федеральном уровнях [5, 6].

Список литературы

1. Никифоров А.Д. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие / А.Д. Никифоров. – М.: Высшая школа, 2005. – 420 с.
2. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник / Н.Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
3. Трофимов В.Т. Инженерная геология и экологическая геология: теоретико-методологические основы и взаимоотношение: учебник / В.Т. Трофимов, Д.Г. Зилинг. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. – 119 с.
4. Кочетова Ж.Ю. Сравнительный анализ интегральных показателей загрязнения почвогрунтов урбанизированных территорий приоритетными контаминантами / Ж.Ю. Кочетова, О.В. Базарский, Н.В. Маслова // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2018. – № 1 (125). – С. 28–37.
5. Кочетова Ж.Ю. Авиационно-ракетный кластер как новый класс объектов геоэкологического мониторинга / Ж.Ю. Кочетова // Географический вестник. – 2019. – № 3. – С. 79–91.
6. Кочетова Ж.Ю. Содержание нефтепродуктов в почвогрунтах как маркер заболеваемости населения / Ж.Ю. Кочетова, О.В. Базарский, Н.В. Маслова // Дальневосточная весна-2018: материалы 16-й Междунар. научн.-практич. конф. по проблемам экологии и безопасности (Комсомольск-на-Амуре, 28 апреля 2018 г.). – Комсомольск-на-Амуре: Гос. техн. ун-т, 2018. – С. 299–302.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ ОБРАЗОВАНИЯ БУРОГО ДЫМА

Бодряга В.В., Недопекин Ф.В., д-р техн. наук, проф.,

Быковская Н.В., канд. техн. наук

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

vvbod@yandex.ru

Введение. Экологические проблемы являются в настоящее время фактором, сдерживающим развитие чёрной металлургии. В частности, серьёзной проблемой является загрязнение атмосферы бурым дымом – специфическим видом пыли, образующейся при переливах чугуна из ёмкости в ёмкость [1]. Бурый дым, состоит из сферических частиц, соединяющихся в цепочки агрегаты со средним числом частиц в цепочке 3-10 штук. Частицы имеют размер менее 3 мкм [2]. По химическому составу бурый дым является смесью оксидов железа.

Актуальность проблемы. Вопрос об образовании бурого дыма при переливах чугуна может также рассматриваться применительно к сталеплавильному процессу, поскольку бурый дым, который образуется при выплавке стали, по своим свойствам аналогичен бурому дыму, который образуется при переливе чугуна.

Основная часть. По вопросу о механизме образования бурого дыма существуют различные мнения:

1) Испарение железа или его оксидов.

При продувке ванны сталеплавильного агрегата кислородом в реакционной зоне возникают высокие температуры, что обеспечивает интенсивное испарение железа. При продувке ванны воздухом температура в реакционной зоне меньше, вследствие чего интенсивность пылевыделения снижается в 5-10 раз. Следовательно, происхождение бурого дыма – испарительное [3]. Недостатки теории: резкое снижение интенсивности пылевыделения в конце плавки, когда температура в реакционной зоне максимальна; при переливе чугуна реакционная зона отсутствует.

2) Вынос брызг металла в газовую фазу.

При выделении пузырей CO образуется огромное количество капель металла. Существует связь между процессом выноса капель в газовую фазу и кипением ванны при обезуглероживании углерода. На этой основе объяснена наблюдаемая в практике зависимость интенсивности пылеобразования бурого дыма от содержания углерода в ванне [4]. Недостатки теории: капли металла, образующегося при разрыве пленок при выделении пузырька CO в ходе кипения ванны, на 1-2 порядка крупнее частиц бурого дыма.

4) Термическое диспергирование поверхности пленки расплава в зоне контакта кислородной струи с поверхностью жидкого металла.

Поверхность металла разогревается и возникает сильный градиент температуры в поверхностном слое металла. Это приводит к появлению волн разрежения и сжатия, со скоростью, близкой к скорости звука. При таких условиях жидкий металл ведет себя как квазиверное вещество, и может крошиться. Куски металла выбрасываются в газовую фазу, где принимают шарообразную форму[5]. Недостатки теории: при переливах жидкого металла взаимодействие ванны со струей кислорода отсутствует и возникновение сильного температурного градиента невозможно.

4) Взаимодействие брызг металла с кислородом газовой фазы.

Наличие окислительной атмосферы – обязательный фактор образования бурого дыма, количество пыли зависит от концентрации кислорода. В результате окисления поверхности капель кислородом газовой фазы на ней образуется пленка FeO , толщиной около 2 мкм. За счет экзотермической реакции окисления железа капля должна разогреваться. Расчет температуры разогрева капли при образовании оксидной пленки показывает, что капли диаметром менее 40 мкм разогреваются до температур, превышающих температуру кипения железа, то есть, они должны испаряться. По мере увеличения диаметра капли температура разогрева уменьшается. При определенных условиях в результате окисления углерода внутри капли может образоваться пузырек CO . Такой пузырек может вызвать взрыв капли с образованием большого количества мелких капель, которые затем сгорают с выделением бурого дыма [6].

Выводы. Последний механизм реализуется при переливах чугуна. Источник брызг – процесс диспергирования металла при соударении струи чугуна. Затем брызги вступают во взаимодействие с кислородом газовой фазы, что приводит к выделению бурого дыма.

Список литературы

1. Недопекин Ф.В. Процессы переноса в период образования бурого дыма при переливах чугуна / Ф.В. Недопекин, В.А. Кравец, В.В. Бодряга // Теория и практика металлургии. – 2003. – № 2(34). – С. 26-31.
2. Доценко А.М. Пылегазовые выбросы миксерных отделений металлургических заводов и разработка эффективной системы их отвода и очистки: Дисс. к.т.н.: 05.16.02. – М.: МИСИС, 1982. – 240 с.
3. Меджибожский М.Я. Интенсификация мартеновской плавки вдуванием воздуха в ванну / М.Я.Меджибожский. – М., 1959. – 174 с.
4. Turkdogan E.T., Leeke L.E. // Iron and Steel institute, 1959.–V. 192– P.2-4.
5. Явойский В.И. Обзор гипотез пылеобразования при продувке металла в конвертере / В.И. Явойский, В.И. Славин //Сталь, № 10, 1986. – С.15-18.
6. Недопекин Ф.В. Процессы теплопереноса в брызгах чугуна, приводящих к образованию бурого дыма / Ф.В. Недопекин, В.А. Кравец, В.В. Бодряга // Вестник Донецкого национального университета. Серия А. Естественные науки. – 2002. – Т. 2. – № 1. – С. 270-275.

РАСЧЕТ РАССЕИВАНИЯ ВЫБРОСОВ БУРОГО ДЫМА

Бодряга В.В., Недопекин Ф.В., д-р техн. наук, проф., **Титов А.И.**

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

vvbodyandex.ru

Введение. Проблема защиты окружающей среды является одной из самых актуальных проблем. Наибольшее влияние на окружающую среду оказывают вредные выбросы промышленности. Основная часть вредных промышленных выделений сбрасывается в атмосферу в виде выбросов пыли и газа. Черная металлургия является одним из самых крупных загрязнителей воздушной среды, ее суммарная доля в выбросах в атмосферу возросла до 40 %.

Актуальность проблемы. Загрязнение атмосферного воздуха – это любое изменение его фоновых параметров, оказывающее негативное влияние на здоровье человека и окружающую природную среду. На сегодняшний день необходимо использовать расчетную методику, представленную в приказе Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 273 от 6 июня 2017г. «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» [2].

Рассмотрим данную методику применительно к Донецкому металлургическому заводу (г. Донецк). Высота дымовой трубы $H = 40 \text{ м}$; диаметр устья $D = 1,5 \text{ м}$; объем выбрасываемой газовоздушной смеси $V_1 = 69,5 \text{ м}^3/\text{с}$; температура газовоздушной смеси (ГВС) 60°C , погодная средняя высокая температура $20,7^{\circ}\text{C}$. Завод расположен на ровной местности. Концентрация пыли в выбросах газовоздушной смеси после циклонов $500 \text{ мг}/\text{м}^3$. Под одиночным или точечным источником понимается дымовая труба предприятия.

Опорным значением является максимальное значение обусловленной предприятием приземной концентрации. Максимальная приземная концентрация вредного вещества ($C_m \text{ мг}/\text{м}^3$) при выбросе газовоздушной смеси из точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеоусловиях на расстоянии $X_m \text{ (м)}$ от источника.

$$C_m = \frac{A \times M \times F \times m \times n \times \eta}{H^2 \times \sqrt[3]{V_1 \times \Delta T}}. \quad (1)$$

где M – масса ЗВ, выбрасываемого в атмосферный воздух в единицу времени (мощность выброса), $\text{г}/\text{с}$; η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности; H – высота источника выброса,

m ; V_1 – расход ГВС, определяемый по формуле (2), m/c ; ΔT – разность между температурой выбрасываемой ГВС T_g и температурой атмосферного воздуха T_b , 0C . В случае горячего источника ($\Delta T \gg 0$) получим $\Delta T = 60^0 - 20,7^0 = 39,3^0 \gg 0$.

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0, \quad (2)$$

где D – диаметр устья источника выброса, m ; ω_0 – средняя скорость выхода ГВС из устья источника выброса, m/c .

Коэффициент A зависит от температуры стратификации атмосферы и определяется условиях вертикального и горизонтального рассеивания при неблагоприятных погодных условиях, в случае которых разовые концентрации загрязняющего вещества в атмосферном воздухе достигают максимальных значений. Для Донецкой области и г. Донецка коэффициент стратификации атмосферы $A = 200$. Безразмерный коэффициент, который характеризует оседание мелкодисперсных частиц, $F = 1$.

Безразмерные коэффициенты m и n , учитывающие условия выброса из устья источника выброса, которые определяются по вспомогательным величинам:

$$f = 1000 \times \frac{\omega_o^2 \times D}{H^2 \times \Delta T}, \quad (3)$$

где ω_o – средняя линейная скорость выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса, m/c .

Величина ω_o рассчитывается следующим образом:

$$\omega_o = \frac{4 \times V_1}{\pi \times D^2}. \quad (4)$$

Величина V_M характеризующая свойства источника выбросов:

$$V_M = 0,65 \times \sqrt[3]{\frac{V_1 \times \Delta T}{H}}. \quad (5)$$

Рассчитываем коэффициент m . Он рассчитывается от условия величины f . В случае $f < 100$ выражение примет вид:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \times \sqrt{f} + 0,34 \times \sqrt[3]{f}}. \quad (6)$$

Коэффициент n при $f < 100$ при $V_M \geq 2$ имеет значение $n = 1$.

Масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени:

$$M = C \times V_1 \times 10^{-3} = 500 \times 69,5 \times 10^{-3} = 34,75 \text{ г/с}$$

где C – концентрация вредных веществ в ГВС, мг/м^3 .

Подставляя рассчитанные значения ($A = 200$; $M = 4,8$; $F = 1$; $m = 0,41$; $n = 1$) в (1) и безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (в случае ровной местности $\eta = 1$).

$$C_m = \frac{200 \times 34,75 \times 1 \times 0,41 \times 1 \times 1}{40^2 \times \sqrt[3]{69,5 \times 39,3}} = 0,1272 \text{ мг/м}^3$$

$\text{ПДК}_{c.c.}$ необходима для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и другого влияния вредного вещества на организм человека [57]. Она не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия в условиях неопределенного долгого круглосуточного воздействия. Наибольшая концентрация C_m вредного вещества в приземном воздухе не должна превышать, при времени воздействия более 20 мин.

$$C_m < \text{ПДК}_{c.c.}. \quad (7)$$

Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений, ГН 2.1.6.3492-17 в редакции постановления Главного государственного санитарного врача РФ от 31.05.2018 №37. Класс опасности 3. Стока ГН: 260 для железа и его оксидов [3]:

$$\text{ПДК}_{c.c.} = 0,04 \text{ мг/м}^3. \quad (8)$$

Приземная концентрация бурого дыма C_m превышает $\text{ПДК}_{c.c.}$ в три раза.

Выводы. Проведен расчёт рассеивания выбросов пыли и определения приземных концентраций. Показано значительное превышение приземной концентрации по сравнению с предельно допустимой концентрацией. Следовательно разработка технологических методов снижения выбросов пыли экологически целесообразна.

Список литературы

1. Разработка методики улучшения экологической обстановки при переливах чугуна в миксерном отделении МК им. Ильича / В.В. Бодряга [и др.] // Проблеми екології. – 2013. – № 1(31). – С. 73-78.
2. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 06.06.2017 № 273 "Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201708110012>
3. ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/556185926>

ОПЫТ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ДОНБАССЕ

Бородин Д.С., Шалованов О.Л., Ялпута Е.А., Кутепов Д.В., Ребенок Е.В.

ГУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела (РАНИМИ)», г. Донецк, ДНР
ranimi@ranimi.org

Территория Донбасса по современным представлениям является практически асейсмичной, т.е. здесь практически не происходит сколько-либо значимых тектонических землетрясений. В тоже время не вызывает сомнений тот факт, что добыча угля при определенных горно-геологических условиях (присутствие в разрезе находящихся в напряженно-деформированном состоянии мощных слоев песчаников, влияние многократной подработки, наличие сложной гидрогеологической ситуации и др.) может провоцировать в углепородном массиве весьма ощутимые подземные толчки, вызывающие беспокойство местного населения. Такие явления в 2019 г. и начале 2020 г. четко зафиксированы в пос. Объединенный г. Макеевка в зоне ведения горных работ шахтой «Калиновская-Восточная» ГП «Макеевуголь». Очевидно, что для выяснения причин наблюдаемых сейсмических явлений требовались методы сейсмологических исследований, в связи с чем четыре автономных сейсмических регистратора «Ермак-5» [1] были развернуты в локальную мониторинговую систему, геометрия которой обеспечила в конечном итоге хорошее азимутальное окружение эпицентров подземных толчков [2].

Принципы обработки и анализа данных были выбраны на основе изучения богатого опыта Горного института УрО РАН при проведении сейсмологического мониторинга территорий горных рудников в Предуралье, Белоруссии и на других объектах. Наиболее подробно методические основы мониторинговых наблюдений изложены в работе [3].

Начальный этап обработки и анализа данных на объекте исследований в районе пос. Объединенный был направлен на поиск вероятных событий на записях часовых промежутков, одновременных для всех 4-х станций с тремя компонентами принимающих датчиков. Поиск осуществлялся путём сравнения величины амплитуды на малом участке времени со средним значением амплитуды в большем промежутке наблюдений. Для определённости выбиралось численное значение, превышение которого интерпретировалось как возможный подземный толчок (рис. 1).

На принятых в обработку записях выполнялась фиксация времени старта первого вступления продольных и поперечных волн (ориентация всех датчиков в поле выполнялась единообразным образом при монтаже станций).

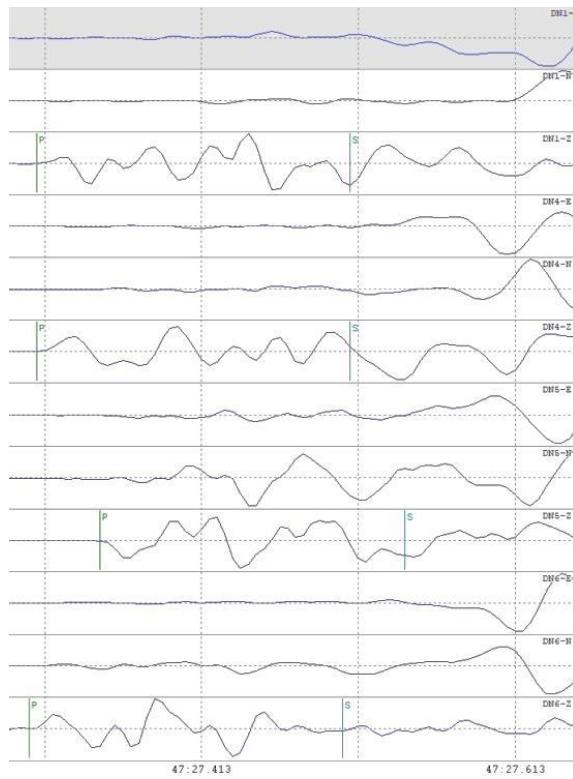


Рис. 1. Выделенное событие на датчиках dnmk1-dnmk4-dnmk5-dnmk6 (4 датчика по 3 компоненты X, Y, Z), превышение значений амплитуд более чем в 7 раз по отношению к фоновым отметкам до и после указанного времени

На приведённом примере можно однозначно проследить первые колебания Z-компоненты (ориентация перпендикулярно уровню дневной поверхности участка) на каждой сейсмической станции, что говорит об уверенном приёме волнового пакета в этом направлении. В то же время первые вступления по X- и Y-компонентам (ориентированы параллельно дневной поверхности) видны гораздо хуже и только от интерпретатора зависит, где будет снята отметка времени. Разумеется, такая неточность вносит погрешность в итоговый результат. В частности, ошибка определения времени прихода поперечных волн, значительно влияет на точность вычисляемой глубины залегания гипоцентра (до ста и более метров). Однако за счёт накопления большого числа наблюдённых событий и анализа горно-геологических условий участка исследований значение глубин уточняются до разумных величин, как и происходило на данном объекте. Безусловным преимуществом такого мониторинга является возможность определить по первым вступлениям продольных волн компактную зону эпицентров толчков с погрешностью определения координат до 50 метров, на которые поступали жалобы от местного населения. В ходе работ по этому участку собранной полевой информации хватило с избытком для итогового заключения, при этом не пришлось применять алгоритм относительной локации, заключающийся в использовании мастер-события с известными координатами.

В дальнейшем по разнице прихода продольных и поперечных волн на сейсмологические станции, выполнялась увязка в трёхмерном пространстве гипоцентра события на участке исследования (рис. 2).

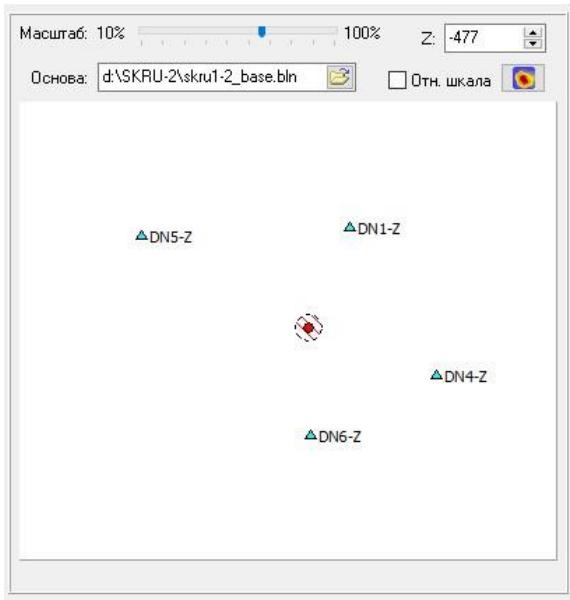


Рис. 2. Пример локации события на участке исследования

Таким образом, результаты сейсмологического мониторинга в зоне ведения работ по добыче угля позволяют судить о том, что применяемые при обработке сейсмологические приемы являются достаточно надежной основой интерпретации данных и установления источников сейсмических событий. Очевидно, что более углубленный накопление и анализ экспериментальной информации позволит значительно снизить погрешность определения координат гипоцентров сейсмических событий в конкретных горно-геологических условиях шахтных полей Донбасса.

Список литературы

1. Цифровой сейсмический регистратор «Ермак-5». Опыт разработки и внедрения / П.Г. Бутырин, Ф.Г. Верхоланцев, А.В. Верхоланцев, Д.Ю. Шулаков // Сейсмические приборы. – 2018. – Т. 54, № 2. – С. 5-18.
2. Анциферов А.В. Мониторинг техногенной сейсмичности в зоне угольных шахт Донбасса (на примере ш. Калиновская-Восточная ГП «Макеевуголь») / В.В. Туманов, Н.И. Лобков, Д.С. Бородин и др. – Сборник научных трудов РАНИМИ. – Донецк, 2020. – №9 (24).– С. 78-88.
3. Шулаков Д.Ю., Варлашова Ю.В. Сейсмологический мониторинг развития аварийной ситуации на руднике СКРУ-2 // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: материалы Десятой Междунар. сейсмологич. шк. / ГС РАН. – Обнинск, 2015. – С. 368-372.

ПОВЫШЕНИЕ СЕЛЕКТИВНОСТИ ПЬЕЗОКВАРЦЕВОГО МИКРОВЗВЕШИВАНИЯ ПАРОВ БЕНЗИНА

Внукова С.В., канд. физ.-мат. наук,
Кочетова Ж.Ю., канд. хим. наук, доцент, *Калинин Н.С.*
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, РФ
svvnukova@mail.ru

Введение. На сегодняшний день существует множество методов обнаружения утечек нефтепродуктов, основанных на различных физических и физико-химических явлениях. К их главным недостаткам относятся: высокая трудоемкость, длительность исследований, дорогоизна оборудования. Поэтому разработка сенсорных методов анализа, как наиболее экономичных, мобильных, экспрессных, характеризующихся удовлетворительными метрологическими характеристиками, является актуальной.

Одним из перспективных в экологическом мониторинге объектов окружающей среды признан метод пьезокварцевого микровзвешивания паров легколетучих веществ над поверхностью почвы. Ранее на основе пьезокварцевого резонатора был разработан анализатор керосина с высокими эксплуатационными характеристиками [1]. Его недостатком является низкая селективность, так как влажность почвы вносит значительный вклад в сорбцию паров летучих соединений над ее поверхностью. Для устранения влияния паров воды на микровзвешивание молекул нефтеуглеводородов предлагалось предварительно исследовать химический состав почв, не загрязненных нефтепродуктами, что в реальных условиях не всегда возможно. Поэтому вопрос селективного экспресс-определения бензинов, керосинов в почвах остается открытым.

Цель – повышение селективности пьезокварцевого микровзвешивания паров легких нефтепродуктов путем изменения высоты ячейки детектирования.

Основная часть. На кинетические параметры пьезосорбционного микровзвешивания в значительной степени влияют конструкционные особенности (форма, объем) ячейки детектирования [2]. Для селективного определения низких концентраций легких нефтепродуктов в почве изменена конструкция ячейки детектирования пьезосенсорного анализатора газов, увеличена ее высота в 10 раз (высота классической ячейки детектирования для анализа сред различного генезиса составляет 5–15 см). Ячейка детектирования представляет собой полый цилиндр без дна, выполненный из инертного материала. В ее держателе, герметично

соединенном с генератором частоты колебаний и микрочастотомером, закрепляли чувствительный элемент пьезосенсора – кварцевую пластину, модифицированную многослойными углеродными нанотрубками (МУНТ), которые устойчивы к агрессивным парам легких нефтепродуктов и обладают высокой сорбционной емкостью (разветвленной удельной поверхностью). Цилиндр открытой частью плотно устанавливали на анализируемую почву, из которой пары нефтеуглеводородов диффундировали к пьезокварцу. При этом частота его колебаний уменьшалась пропорционально концентрации компонентов в почве. В начальный момент времени регистрировали частоту колебания пьезосенсора F_0 , ненагруженного парами адсорбата. Далее фиксировали изменение частоты колебаний пьезокварца F до ее выхода на постоянный уровень и рассчитывали аналитический сигнал $\Delta F = F_0 - F$.

На рисунке 1 представлены хроночастотограммы сорбции на МУНТ паров воды и бензина в классической ячейке детектирования, высота которой составляла $h = 5$ см. При данных параметрах ячейки происходит брутто-взвешивание присутствующих в почве одновременно паров бензина низкой концентрации ($C = 5$ мг/кг) и воды при ее значительной весовой влажности ($W = 12\%$) (рис. 1, кривая 3). Помимо этого свой вклад вносят и естественные газы, содержащиеся в почве (продукты жизнедеятельности микроорганизмов).

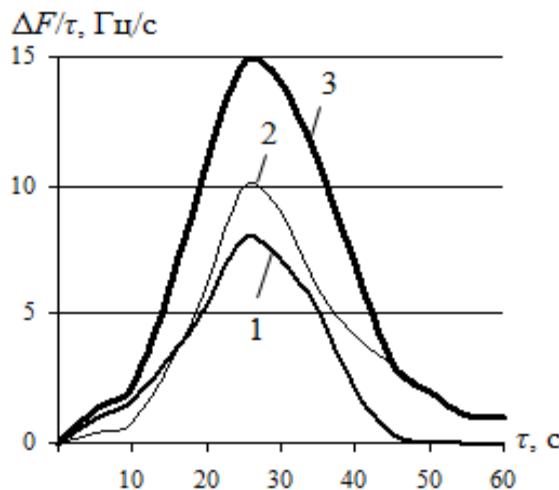


Рис. 1. Хроночастотограммы сорбции паров на МУНТ в классической ячейке детектирования ($h = 5$ см)

1 – пары бензина ($C = 5$ мг/кг); 2 – пары воды ($W = 12\%$); 3 – пары бензина и воды, присутствующие в почве одновременно ($C = 5$ мг/кг; $W = 12\%$)

Последовательно увеличивали высоту ячейки детектирования на 5 см и при $h = 50$ см удалось раздельно определить бензин и воду в почве даже при ее влажности $W = 12\%$ (рис. 2, кривая 3). При этом в первые 60–120 с сорбировалась пары воды на МУНТ, адсорбция бензина начиналась через 20–30 с. Время измерения аналитического сигнала сорбции низких

концентраций паров бензина над почвой при этом увеличивалось более чем в 10 раз по сравнению с классической ячейкой. Однако при его высоких концентрациях ($C = 750\text{--}800 \text{ мг/кг}$) время установления равновесия сокращается и не превышает 300 с.

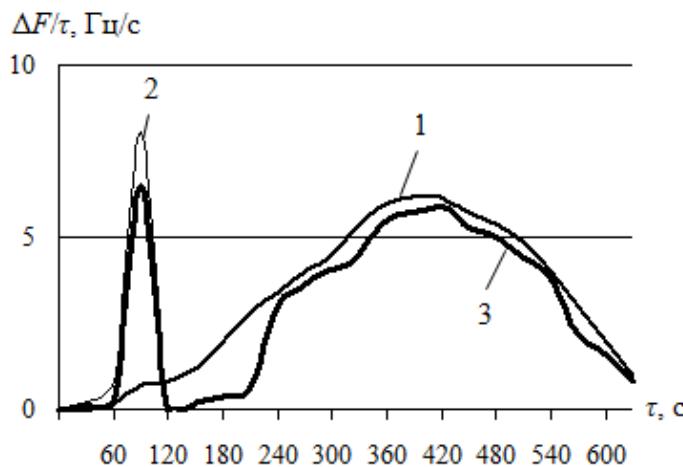


Рис. 2. Хроночастотограммы сорбции паров на МУНТ в предложенной ячейке детектирования ($h = 50 \text{ см}$)

1 – пары бензина ($C = 5 \text{ мг/кг}$); 2 – пары воды ($W = 12 \%$);
3 – пары бензина и воды, присутствующие в почве одновременно
($C = 5 \text{ мг/кг}; W = 12 \%$)

С увеличением W почвы аналитический сигнал сорбции паров бензина снижается, а время, напротив, растет. Это объясняется дополнительными связями бензина с водой, адсорбированной на зернах почвы, и снижением интенсивности диффузии нефтеуглеводородов из влажной почвы.

Заключение. Изменение высоты ячейки детектирования позволяет варьировать кинетические параметры сорбции летучих соединений, содержащихся в почве, и определять их раздельно.

Чувствительность метода пьезокварцевого микровзвешивания, его точность, экономичность и мобильность датчика с предложенной ячейкой делают перспективными исследования по оценке газонасыщенности грунтов соединениями различного состава и генезиса в полевых условиях на разной глубине.

Список литературы

1. Kotchetova Z. Y. Rapid assessment of soil pollution with kerosene using a carbon-nanotube-based piezosensor / Z. Y. Kotchetova, O. V. Bazarsky, T. A. Kuchmenko // Moscow University Chemistry Bulletin. – 2017. – Vol. 72, No 1. – P. 63–68.
2. Kuchmenko T. A. Determination of trace amounts of hydrogen sulfide in a gas flow using a piezoelectric detector / T. A. Kuchmenko, Zh. Yu. Kochetova, Yu. E. Silina [et al.] // Journal of Analytical Chemistry. – 2007. – Vol. 62, No 8. – P. 781–787.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ МОНОХЕЛАТОВ ЦИНКА И ЖЕЛЕЗА ИЗ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЛИНИЙ ГОРЯЧЕГО ЦИНКОВАНИЯ

Громенко В.О.¹, Щепина Н.Д.², канд. хим. наук, доц.,

Мысник И.В.¹, канд. хим. наук, *Заговора Н.В.¹,*

Удодов И.А.¹, канд. хим. наук, доц.

¹ГУ «НИИ «Реактивэлектрон», г. Донецк, ДНР

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

vika_gromenko@mail.ru

Введение. Применение микроудобрений на основе монохелатов железа и цинка широко распространено в практике интенсивного земледелия [1, 2]. Наиболее широкое применение монохелаты железа и цинка находят при выращивании овощных культур в закрытом грунте, а также при выращивании плодово-ягодных и некоторых зерновых культур [1-4].

Развитие сельскохозяйственной отрасли в Донецкой Народной Республике предопределяет актуальность разработки технологий и организации производства (в том числе и железо- и цинк содержащих) хелатных микроудобрений, применение которых позволяет существенно увеличить как урожайность различных сельскохозяйственных культур, так и качество продукции растениеводства [1-5].

Основная часть. В настоящее время в ГУ «НИИ «Реактивэлектрон» проводятся НИР по разработке технологий утилизации железо- и цинксодержащих отходов линий горячего цинкования с целью производства жидких концентратов хелатных микроудобрений. Использование указанных выше техногенных отходов связано как с отсутствием в ДНР производств железо- и цинксодержащих реактивов, так и с наличием значительного количества отходов, которые по содержанию основных компонентов (железо, цинк) представляют собой ценное химическое сырье [5].

В качестве сырьевого компонента для синтеза монохелата железа(III) (хелатирующий агент ЕДТА) нами были использованы железосодержащие кислые стоки, которые образуются при травлении стальных изделий. Важным фактором использования железосодержащих кислых стоков для синтеза монохелата железа является снижение техногенной нагрузки на окружающую среду. Химический состав железосодержащих кислых стоков представлен в таблице 1.

На практике в промышленных условиях железосодержащие кислые стоки либо непосредственно, либо после осаждения железного купороса нейтрализуют известью в специальных отстойниках. В результате получают оборотную воду и шлам, состоящий, в основном, из гидратированных

сульфатов кальция, оксидов и гидроксидов железа. В дальнейшем указанный шлам никак не используется и подлежит захоронению.

Таблица 1
Химический состав железосодержащих кислых стоков

Наименование показателя	Результат анализа
Плотность, $\text{г}/\text{см}^3$	$1,24 \pm 0,02$
pH	$0,48 \pm 0,02$
Концентрация Fe(II), $\text{г}/\text{л}$	$77,6 \pm 1,5$
Концентрация Fe(III), $\text{г}/\text{л}$	$5,5 \pm 0,1$
Концентрация SO_4^{2-} , $\text{г}/\text{л}$	$211,5 \pm 8,4$

Применение железосодержащих кислых стоков, в отличие от известных методов, исключает стадию растворения солей Fe(II) или Fe(III), которые используются в качестве исходного сырья при синтезе монохелата железа. Кроме того, исключаются стадии регулирования pH и фильтрации солей растворов солей железа. Фактически использование железосодержащих кислых стоков приводит, прежде всего, к существенному снижению затрат времени синтеза, снижению затрат электроэнергии.

На основе разработанного нами технологического метода синтеза из железосодержащих кислых стоков получены опытные образцы жидкого концентрата монохелата железа(III) (хелатообразователь ЕДТА), свойства которого представлены в таблице 2.

В настоящее время известно довольно много методов переработки цинковой изгари, которые, как правило, основаны на пирометаллургических или гидрометаллургических процессах. Целевыми продуктами в указанных методах переработки цинковой изгари являются либо рафинированный цинк [6], который повторно используется при горячем цинковании, либо растворимые соли цинка [7]. В доступных источниках нами не обнаружено ни одной работы, в которой цинковая изгарь непосредственно использовалась бы для синтеза монохелата цинка. В отличие от известных методов, в разработанном нами методе стадия получения кристаллического нитрата цинка исключена, что приводит к сокращению времени синтеза и к уменьшению затрат электроэнергии. Растворение цинковой изгари проводили в азотной кислоте в соответствии с известным препаративным методом получения нитрата цинка [8]. После растворения цинковой изгари из раствора нитрата цинка осаждаются только абиогенные микроэлементы (свинец и ртуть) и далее проводится хелатирование цинка (хелатирующий агент ЕДТА). Использование цинковой изгари приводит также к существенному снижению затрат на приобретение цинксодержащего сырья – растворимых солей цинка.

Свойства опытных образцов монохелата цинка и железа представлены в таблице 2.

Таблица 2

Химический состав жидких концентратов монохелатов цинка и железа,
полученных из техногенных отходов

Микроудобрение	Степень хелатирования, %	Концентрация микроэлемента, г/л	pH	Плотность, г/см ³
Монохелат цинка ЭДТА	100	38-42	6-8	1,18-1,22
Монохелат железа ЭДТА	100	38-42	6-8	1,18-1,22

По качественным показателям приведенные в табл. 2 монохелаты, полученные из техногенных отходов, не уступают известным аналогам.

Заключение. Таким образом, разработаны технологические методы синтеза жидких концентратов монохелатов железа и цинка из техногенных отходов. Внедрение в промышленность, разработанных нами методов переработки железо- и цинксодержащих отходов, позволит снизить себестоимость производства монохелатов цинка и железа, а также снизить техногенную нагрузку на окружающую среду в промышленных зонах предприятий, использующих технологии горячего цинкования.

Список литературы

- Битюцкий Н.П. Микроэлементы и растение/ Н. П. Битюцкий. – СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 1999. – 232 с.
- Булыгин С.Ю. Микроэлементы в сельском хозяйстве/ С.Ю. Булыгин, Л.Ф. Демишев, В.А. Доронин, А.С. Заришняк, Я.В. Пащенко, Ю.Е. Туровский: 3-е изд. доп., – Днепропетровск, Січ; 2007. – 100 с.
- Анспок П.И. Микроудобрения / П.И. Анспок. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.
- Рак М.В. Система применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / М.В. Рак, И.М. Богдевич, В.В. Лапа. Минск: Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, 2006. – 27 с.
- Удодов И.А., Сыщикова Д.В., Рублёва Л.И., Громенко В.О. Перспективы утилизации техногенных отходов предприятий Донбасса с целью производства микроудобрений для сельского хозяйства / Материалы 5-й Международной научно-практической конференции Инновационные перспективы Донбасса, г. Донецк, 21-23 мая 2019 г. – Донецк: ДонНТУ, 2019. Т. 4: 4.Перспективные направления развития экологии и химической технологии. – 2019. –152 с. (С.20-24).
- Патент РФ №2267546 С1C22B 7/00 опубл. 2006 г.
- Алексеев А.А. Организация эффективного технологического процесса горячего цинкования на судостроительных предприятиях путём внедрения ресурсосберегающих технологий / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Санкт-Петербург. – 2007. 24 с.
- Карякин Ю.В., Ангелов И.И. Чистые химические вещества. Изд. 4-е, доп. и пер. – М.: Химия, 1974. – 408 с.

**ПОЛУЧЕНИЕ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ
И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ
МОЛИБДЕН-КОБАЛЬТОВЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ ДЛЯ
ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ
УСЛОВИЯХ ДОНБАССА**

Журавлёв С.В.¹, Комарова О.А.², Чебышев К.А.³, Капитанчук Е.Ю.¹,
Удодов И.А.¹, канд. хим. наук., доц.

¹ГУ «НИИ «Реактивэлектрон», г. Донецк, ДНР

²Республиканский лицей-интернат «Эрудит», г. Донецк, ДНР

³ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР

e-mail: sergey_zhuravlev11@mail.ru

Введение. К настоящему времени в ГУ «НИИ «Реактивэлектрон» совместно с ГУ «Донецкий ботанический сад» и кафедрой аналитической химии ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» были разработаны технологии производства высокоэффективных жидких комплексных хелатных микроудобрений (ЖКМУ) для зернобобовых культур [1, 2]. Основными сырьевыми компонентами для производства указанных микроудобрений являются, импортируемые из Российской Федерации, сульфаты Mn, Zn, Cu, Co, парамолибдат аммония и трилон Б. В этой связи представляется актуальной разработка технологических методов синтеза микроудобрений, адаптированных к потребностям зернобобовых культур из техногенных отходов промышленных предприятий Донбасса [3].

Основная часть. В качестве сырьевого компонента для синтеза микроудобрений для зернобобовых культур нами были выбраны отработанные алюромолибденкобальтовые катализаторы (АМК). В Донецкой Народной Республике катализаторы АМК находят применение в коксохимической промышленности для гидроочистки жидких продуктов коксования каменных углей. В состав отработанных катализаторов АМК входят наиболее значимые для зернобобовых культур микроэлементы – молибден и кобальт, что предопределяет возможность их использования как сырьевого компонента для получения молибден-кобальтовых микроудобрений.

Нами был разработан технологический метод получения жидких комплексных микроудобрений для зернобобовых культур из отработанных катализаторов АМК и получены опытные образцы жидких комплексных молибден-кобальтовых микроудобрений следующего состава: N – 25-30 г/л; P – 10-12 г/л; K – 15-20 г/л; Mo – 4-5 г/л и Co – 0,5-1,0 г/л.

Синтез молибден-кобальтовых микроудобрений из отработанных катализаторов АМК проводили в две стадии.

Первая стадия: извлечение молибдена и приготовление молибденсодержащего комплексного микроудобрения. Шихту для спекания готовили путём совместного помола K_2CO_3 и отработанного АМК в течение двух часов при соотношении масс $K_2CO_3/AMK = 1:1,2$. На первом этапе спекание проводили в алюндовых (корундовых) тиглях в печи КО-14 при температуре $1000^{\circ}C$, 2 ч. После спекания спёк измельчали и выщелачивали в дистиллированной воде при соотношении Т/Ж=1:3. Фильтрацию пульпы проводили без применения вакуума. Осадок промывали 1%-ным раствором гидроксида калия. После фильтрации получены кек, содержащий алюминат кобальта $CoAl_2O_4$ со структурой шпинели и $\gamma-Al_2O_3$, и фильтрат, содержащий растворимые молибдаты и алюминаты калия. Фильтрат, содержащий молибдат калия и алюминат калия, подвергали карбонизации путём пропускания углекислого газа до значения $pH \approx 7-8$. После осаждения гидроксида алюминия фильтрат подвергали декарбонизации путём прибавления раствора ортофосфорной кислоты до $pH \approx 5$.

Вторая стадия: извлечение кобальта, хелатирование кобальта и приготовление молибден-кобальтовых микроудобрений. Осадок, содержащий $CoAl_2O_4$ и $\gamma-Al_2O_3$, высушили при $200^{\circ}C$ в течение 4 ч, измельчили совместно с карбонатом калия при соотношении масс 1:1 (2 ч) и прокалили при $1200^{\circ}C$; 2 ч. Далее проводили измельчение полученного спёка, выщелачивание и фильтрацию пульпы как указано выше. Раствор алюмината калия подвергали карбонизации, а осадок, содержащий CoO , растворяли в разбавленной серной кислоте и далее проводили хелатирование кобальта трилоном Б.

Эффективность применения жидких комплексных молибден-кобальтовых микроудобрений для зернобобовых культур исследовали в микрополевом опыте при выращивании гороха (сорт «Аэлита») и фасоли (сорт «Фламинго»). Для проведения микрополевых опытов рабочие растворы готовили путём разбавления молибден-кобальтовых микроудобрений в 200 раз в водопроводной воде.

Молибден-кобальтовые жидкие комплексные микроудобрения применяли в соответствии со следующей схемой: 1. предпосевная обработка семян (замачивание в рабочем растворе 4 часа); 2. внекорневая подкормка микроудобрениями проводится в фазе 4-5 листов на растениях (расходная норма концентрата ~ 2 л/га); 3. внекорневая подкормка микроудобрениями проводится в фазе начала цветения (расходная норма концентрата ~ 2 л/га).

В работе [2] показано, что внекорневая обработка фасоли в фазу появления всходов ЖКМУ, содержащими кроме молибдена и кобальта также медь, цинк и марганец, приводит к весьма существенному увеличению (более 89 %) массы семян одного растения. В настоящей работе, в которой использовались микроудобрения, содержащие только молибден и кобальт, получены несколько более низкие, но достаточно

хорошие результаты по увеличению урожайности. Так, для гороха увеличение урожайности составляет 51 %, а для фасоли – 54 % (рис. 1). Увеличение урожайности гороха в микрополевом опыте обусловлено, в основном, увеличением количества семян и массы семян в стручке (рис. 1). Для фасоли помимо увеличения количества семян и массы семян в стручке наблюдается также весьма существенное увеличение (на 27 %) всхожести семян (рис. 1).

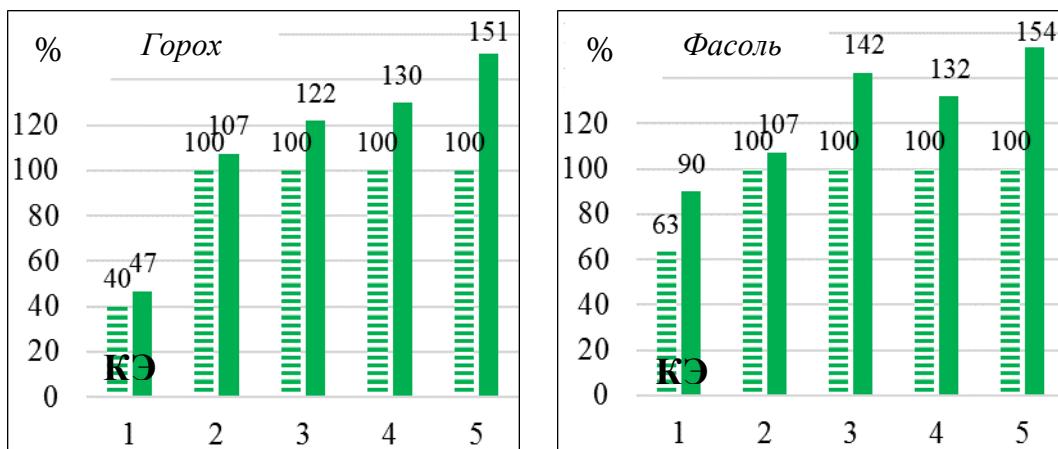


Рис. 1. Всхожесть, биометрические показатели и урожайность гороха (сорт «Аэлита») и фасоли (сорт «Фламинго») в микрополевом опыте с применением молибден-кобальтовых комплексных микроудобрений.

К – контроль; Э – эксперимент.

1 – Всхожесть; 2,3,4 – Средние значения на одно растение: количества стручков, количества семян и массы семян в стручке; 5 – Урожайность.

Заключение. Таким образом, разработан технологический метод переработки отработанных алюмомолибденкобальтовых катализаторов в жидкие комплексные молибден-кобальтовые микроудобрения. В микрополевых опытах показано, что применение молибден-кобальтовых микроудобрений в почвенно-климатических условиях Донбасса приводит к увеличению урожайности гороха и фасоли более чем на 50%.

Список литературы

- Сыщиков Д.В. Влияние комплекса хелатов микроэлементов на ростовые показатели растений на начальном этапе онтогенеза / Д.В. Сыщиков, С.А. Приходько, И.А. Удодов, О.В. Сыщикова // Сборник научных трудов. Промышленная ботаника. – Донецк: ГУ «Донецкий ботанический сад». – 2017. – Вып. 17. – С.35-41.
- Сыщиков Д.В. Использование хелатов микроэлементов при выращивании растений фасоли кустовой (*Phaseolus vulgaris L.*) / Д.В. Сыщиков, С.А. Приходько, И.А. Удодов, О.В. Сыщикова // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2018. – Т.14, №4. – С.70-73.
- Погибко В.М. Техногенное сырье Донбасса – источник развития химической промышленности / В.М. Погибко, И.А. Удодов, И.Л. Сидак // II Международный Научный форум Донецкой Народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса, Инфраструктурное и социально-экономическое развитие». Донецк, 23-25 мая 2016. «Донецкая политехника». – С. 16-20.

ПОЖАРООПАСНОСТЬ МЕСТ СКЛАДИРОВАНИЯ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Кроль В.И.¹, Попова Е.А.¹, канд. техн. наук, Кроль А.Н.², канд. техн. наук,

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, РФ

²ГПОУ «Сибирский политехнический техникум», г. Кемерово, РФ

anna.krol.79@mail.ru

Введение. В настоящее время промышленность и жилые массивы производят большое количество отходов, которые невозможно бесследно переработать по причинам технологического и экономического характера.

Позабытые, неверно спланированные и практически неуправляемые полигоны подчас представляют большую опасность для окружающей среды.

Ещё одной распространенной проблемой полигонов является газ (имеющий в своем составе метан и углекислый газ), выделяющийся в результате анаэробного разложения органических отходов. Газ истоцает зловонный запах, уничтожает всю растительность на поверхности и способствует образованию парникового эффекта.

Несанкционированные или плохо оборудованные полигоны представляют собой угрозу для окружающей среды. Отравляющие вещества с полигонов могут проникать в грунтовые воды, а также естественным водотоком загрязнять реки и другие водоёмы. Зачастую несоблюдение правил безопасности приводит к возникновению пожаров, впоследствии, создаются угрозы для жизнедеятельности: – Повреждение/Уничтожение имущества (материальные блага); – Отравление населения вредными веществами (при горении полигонов бытовых отходов выделяется целый букет канцерогенов и мутагенов [1].

Основная часть. Свалки представляют серьёзную угрозу экологической и пожарной безопасности в Кузбассе, а также многим другим городам и регионам России и мира. – Экологическая проблема (попадание в атмосферу вредных веществ). Поэтому оценка соответствующих экологических и пожарных рисков (для целей последующего экологического и пожарного страхования и управления рисками) актуальна. Оценка экологических и пожарных рисков, связанных со свалками – многоплановая задача, решение которой требует существенных усилий.

В качестве примера для иллюстрации суммы затрат на ликвидацию последствий возгорания на свалке приведем пожар, случившийся в январе 2018 г. на свалке опилок Красноярского ЦБК произошло возгорание.

Арбитражный суд Красноярска оценил затраты городского бюджета на борьбу с пожаром на целлюлозно-бумажном комбинате в сумму более 20,5 млн. рублей [2].

Так же есть угроза жизни и здоровью человека при самом пожаре на полигоне, так как укладка мусора идет слоями. Сначала укладывается мусор, потом его покрывают грунтом, как негорючее вещество, дальше так же укладывают мусор и так далее. В результате такой укладки мусора неизбежно образуются «воздушные карманы» – это такие места, в которых останется воздух при укладке мусора так как полигон – это не плотная масса. При пожаре такие воздушные карманы могут привести: 1. Распространению пожаров по этим воздушным карманам. 2. В результате горения может произойти обвал мусора.

Для обеспечения надлежащего качества окружающей среды и здоровья населения очевидна необходимость устранения причин возникновения пожаров на свалках ТБО и контроля за проведением профилактических работ для его недопущения.

Если подвести небольшой итог причинам, можно понять, что человек может уменьшить количество возгораний. К примеру, четыре основных причины на прямую связаны с человеком. Техногенная причина, ее легко можно решить с помощью создания правовых документов по пожарной безопасности и тем самым в близи свалок не строить здания и сооружения, так мы устраним проблему в корне. Социальная причина, эту проблему нужно рассматривать, с другой стороны. Отсутствие экологической культуры, надо всего на всего обучать людей, рассказывать о последствиях пожара на свалках и тогда будет результат. Но так понятно, что от злого умысла уберечь гораздо сложно. Интересная причина, надежность объекта.

Заключение. Для устранения данной проблемы, нужно сделать следующее: 1. Правильно укладывать мусор. 2. Проводить дегазацию на полигонах ТБО. В основном данная проблема именно из-за газа, который выделяет мусор при гниении. Последняя причина, надежность персонала. Отметим, что своевременное обучение сотрудников своей компании приведет не только к избавлению от такого рода проблем, но и возможно улучшит качество их работы, что отразится на прибыли компании. Но в данной причине очень часто происходит халатность персонала или руководителей, которые просто закрывают глаза на ряд нарушений в эксплуатации техники, зданий и т.д. что приводит к пожарам.

Список литературы

1. Российская Федерация. Законы. «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» Федеральный закон от 30.03.1999 N 52 [принят 12.03 1999 г.: одобрен Советом Федерации 17.03.1999] – (ред. от 18.04.2018).
2. Кроль А.Н. Утилизация и рациональное использование отходов производства: / А.Н. Кроль, Т.А. Утробина // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств материалы XX Международной научно-практической конференции. «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 2019. – С. 439-441.

РЕНОВАЦИОННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ ПЛАНЕТЫ

Намаконов Б.В.¹, канд. техн. наук, доц.,

Полякова А.В.², канд. техн. наук, доц.

¹Автомобильно-дорожный институт ДОННТУ, г. Горловка, ДНР

²МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, РФ

namakonov@ukr.net; avpolyakova@list.ru

Введение. Исследованиями многих ученых доказано, что экологическое состояние планеты уже достигло критических отметок и продолжает прогрессивно ухудшаться. Вредные выбросы превышают допустимые нормы в 3...7 раз, количество различных видов энергии, которая по законам термодинамики вся превращается в тепло, удваивается каждые 5 лет. За последние 5 лет отмечено резкое потепление климата, которое сопровождается разрушительными ураганами, ливнями и засухой в различных районах планеты [1]. Принимаемые на различных форумах от регионального до международного уровня “жесткие” нормы снижения загрязнений в размере до 20...50 % и близко несопоставимы с масштабом экологической опасности, кроме того, эти рекомендации далеко не всегда выполняются. Основная причина этого явления – загрязнение окружающей среды парниковыми газами.

Основная часть. Более 85 % всех загрязнений приходится на долю промышленных предприятий, которые используют свыше 85 % невозобновляемых минеральных и энергетических ресурсов. Если учесть, что сбросы этих предприятий на один-два порядка превышают выбросы, то можно утверждать, что производство технических изделий (это горнодобывающая, металлургическая, машиностроительная, энергетическая отрасли) дают свыше 90 % всех загрязнений (рис. 1, 2).

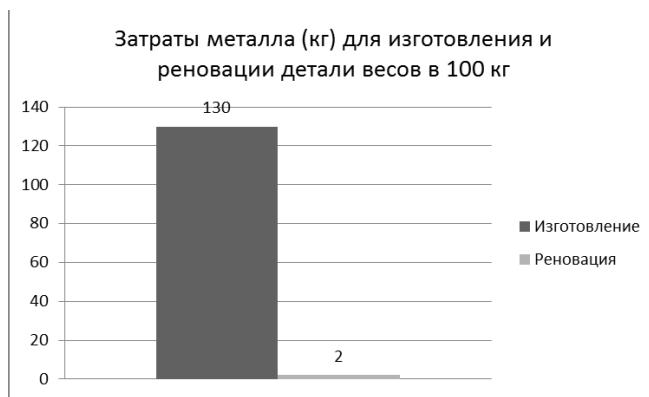


Рис. 1. Диаграмма затрат металла

Как видно, традиционное производство техники из первичных ресурсов, которые полезно используются на 1,5...2,0 % [2,3], не позволит даже теоретически сколько-нибудь значительно снизить количество вредных отходов.



Рис. 2. Диаграмма загрязнения окружающей среды

Значительное решение проблемы возможно путем сокращения использования первичных материалов и ресурсов за счет восстановления деталей, отслуживших свой первый эксплуатационный цикл, т.е. организацией вторичного производства, технико-экономические основы которого были разработаны профессором Кошкиным К.Т. еще в 60-х годах. В настоящее время в связи с глобальной экологической опасностью многократное использование изделий, т.е. реновационное производство, позволит достаточно быстро и с минимальными инвестициями снизить загрязнение окружающей среды.

Рассмотрим как это возможно. К концу первого эксплуатационного цикла (первого межремонтного пробега, например, автомобиля) выбраковывается не более 20 % деталей, до 20 % деталей пригодны к дальнейшей работе без ремонтных воздействий, а свыше 60 % имеют остаточный ресурс долговечности 90 % и остаточную стоимость до 80 % от новых, изготовленных из первичных ресурсов.

Утилизация этих объектов требует значительных дополнительных ресурсов, вызывает потери до 60 % материала и снижает выбросы на 30-40 %, в то время как природа требует – в несколько раз. По этой причине утилизации необходимо подвергать только те изделия, которые невозможно реанимировать.

При весовом износе детали 0,5 % от общего веса машина, например, автомобиль, становится непригодной к эффективной дальнейшей эксплуатации. По деталям прецизионной группы критический весовой износ составляет 0,02...0,10 % от веса детали. Как видно, затраченные **суммарные ресурсы использованы не более, чем на 0,5 %.**

При восстановлении этих деталей, т.е. реновации затраты материалов составляют 0,5...1 % от их веса, что в 100...200 раз меньше, чем на изготовление новых. Следовательно, в 100...200 раз меньше расходуется энергоресурсов и в 100...200 раз меньше получается различных загрязнений, приходящихся на эти изделия. А это свыше 90 % всех загрязнений окружающей среды [3].

При восстановлении деталей типа втулки, шестерни, короткие валы и другие способом пластического деформирования, вообще не требуется металла, поэтому потенциальные выбросы и затраты энергии на материалы этих деталей почти полностью отсутствуют. Экологичность реновационного производства технической продукции в несколько раз выше изготовления их из первичных невозобновляемых ресурсов, сегодняшняя стоимость которых занижена и не учитывает огромных экологических потерь [4].

Учитывая ежегодное списание свыше 10 % различных сложных технических изделий и 100 % – одноразовых, массовая реновация позволит сократить более, чем на 10 % общую добычу природных невозобновляемых ресурсов и кратно снизить загрязнение окружающей среды [5].

Себестоимость реновации 10...40 % от нового изделия при номинальных его первоначальных параметрах, рентабельность – 30...70 % и более. Реализация концепции реновационного производства не требует значительных затрат на оборудование, подготовку кадров, инфраструктуру, так как технология реновации незначительно отличается от изготовления изделий из первичного материала и может быть успешно реализована на базе имеющихся, зачастую незагруженных, производственных мощностей.

Заключение. Реновация отработанных изделий взамен изготовления таких же новых требует на один – два порядка меньше по сравнению с первичным производством природных и всех других ресурсов. Она позволяет:

1. Кратно (в разы) продлить срок службы изделия, увеличивая его моральный и физический ресурс при сохранении номинальных параметров.
2. Сохранить свыше 95 % ранее затраченных на их изготовление финансовых, энергетических, трудовых, материальных и невозобновляемых природных ресурсов.
3. В десятки раз снизить загрязнение окружающей среды.

Список литературы

1. Учёные бьют тревогу. <https://rusvesna.su/news/1575537944>; <https://iz.ru/885931/2019-06-06/uchenye-predskazali-gibel-tcivilizacii-k-2050-godu>.
2. Канило П.М., Бейс И.С., Ровенский А.И. Автомобиль и окружающая среда.– Харьков, изд. Пропор, 2000. – 303с.
3. Борис Намаконов. Экологичность промышленной реновации изделий. Международный издательский дом LAP – Lambert Academic Publishing. ISBN: 978-3-659-16058-5, 2012, – 73 с.
4. Ельцов В. В. Восстановление и упрочнение деталей машин: электронное учебное пособие/ В. В. Ельцов, – Тольятти: издательство ТГУ, 2015.
5. Namakonov Boris, Melnikov Eduard, Poliakova Anastasiia. Ecological Efficiency of Restoration of Worn Technical Products. Journal of Chemical, Environmental and Biological Engineering. Vol. 3, No. 2, 2019, pp. 31-34. doi: 10.11648/j.jcebe.20190302.13

ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Хачатрян А.А., Габраелян Г.А.

ГБПОУ КК «Белореченский индустриально-технологический техникум»,
г. Белореченск, Краснодарский край, РФ
azatui90@mail.ru

Введение. Экология в переводе с греческого, как «наука о чистом жилище». Ставить экологию в ряд науки говорит о серьёзности положения на планете и понимания этого людьми. Понятия изучения данной науки заключается в получении знания, как сохранить биосферу чистой и пригодной для обитания.

Прикладная экология – часть экологического направления, которое проектирует экологические системы на основе полного использования достижений в сфере экологии и других знаний. Таким образом, это научно-практическая часть экологической деятельности, результатом которой является экологический проект, необходимый для практической реализации, и система управления данным проектом.

Прикладная экология направление экологии, которая изучает каким образом человек разрушает биосферу, а также находит варианты как разрешить данные разрушения. Ученые, работающие в рамках этого направления, разрабатывают принципы рационального использования природными ресурсами без вреда окружающей среде. Прикладная экология направлена на решение практических задач. Базу для прикладной экологии составляет такая наука как биология, также экология тесно связана с химией, физикой, математикой, географией. С такими науками как экономика и право прикладная экология связана, так как без этой взаимосвязи не получиться достичь целей, которые ставит перед собой прикладная экология.

Каждый раздел прикладной экологии имеет свой предмет и объект исследования, задачи и методы. Благодаря научному подходу разрабатываются принципы и законы, согласно которых следует контролировать работу людей в различных направлениях экономики.

Основная часть. Направления прикладной экологии имеют несколько направлений:

1. Промышленная экология

Направление прикладной экологии, которое изучает связь промышленности и окружающей среды и, наоборот. В рамках промышленной экологии изучаются варианты снижения плохого влияния промышленности на биосферу методом улучшения технологий, очистных сооружений, принципов переработки отходов и т.д.

2. Сельскохозяйственная экология

Сельскохозяйственная экология – направление прикладной экологии, изучает появляющиеся сельским хозяйством проблемы окружающей среды. Ученые, стараются разработать методики, которые смогут уменьшить плохое влияние на природу, при этом получая хорошую с/х продукцию. В рамках данных задач необходимо обратить внимание, как применяются химические и биологические удобрения, происходит мелиорация почв, выпас скота.

3. Инженерная экология

Инженерная экология отрасль прикладной экологии появилась недавно, изучает как взаимодействуют природа и техника. Ученые, изучают принципы формирования природно-технических систем, применяют возможные приемы управления данными системами, учитывая при этом экологическую безопасность. Главная задача инженерной экологии сводится к тому, чтобы сделать экологичнее технологические процессы в промышленных областях.

4. Медицинская экология

Данный раздел прикладной экологии, изучает влияние окружающей среды на организм людей. Базу для медицинской экологии составляют науки как токсикология, эпидемиология, биохимия, химия. Экологи в области медицины делают выводы связей между заболеваниями организма людей и изменениями происходящие в окружающей среде. Здоровья организма человека зависит от условий окружающей среды. Медицинская экология определяет риск техногенной нагрузки, решает насколько экологически безопасна та или иная область, диагностирует и лечит заболевания организма человека, которые возникают из-за неблагоприятной экологической среды.

5. Химическая экология

Химическая экология – это отрасль прикладной экологии, изучающая химические вещества, проникшие в окружающую среду, влияют на нее, как уменьшить химические выбросы в окружающую среду и как минимизировать их вред. В результате попадания химических веществ в окружающую среду возникает заражение атмосферы, воды и почвы. Попадая в воду, почву и воздух все эти опасные химические вещества отравляют организмы живых существ и человека.

6. Городская экология

Данное направление о создании комфортных условий для жизни человека в городе, что решается за счет озеленения, уменьшения загрязнения и контроля за ним, применения принципов экологической архитектуры. Данный раздел прикладной экологии, которые изучает связь городской и природной среды.

7. Математическая экология

Решает проблемы экологии через математические модели и методы. В рамках данной дисциплины существует математическая теория динами-

ки популяций. В данной теории динамика численности видов показана в виде математических структур и дифференциальных уравнений.

8. Экономическая экология

Экономическая экология представляет собой направление прикладной экологии, которое изучает взаимодействие экологических факторов окружающей среды с экономическими факторами. Задачи уменьшить загрязнение атмосферы, почвы и воды, помочь решать рационально использовать природные ресурсы при этом сохраняя принцип решения человеческих потребностей. Экономическая экология занимается разработкой экономических механизмов, с целью правильного природопользования, производить оценку стоимости природных ресурсов.

9. Юридическая экология

Юридическая экология – раздел прикладной экологии, который работает над созданием законодательной базы по защите окружающей среды. Юридическая экология разрабатывает и применяет систему законов, направленных на защиту и сохранность природы. Природопользование ограничено необходимостью сохранения равновесия в данном пространстве и времени.

Человек не может отказаться от технологий, так как это способствует облегчению его труда и улучшению жизни, но вредит природе, без которой человек не может существовать.

Заключение. Экология одна из важных направлений нашей жизни – так как это сама жизнь, здоровье, благополучие наших будущих поколений на многие годы и тысячелетия. Никакие экономические выгоды и сверх прибыли не стоят здоровья наших детей. Безграничное использование и применение природных ресурсов, халатное загрязнение среды неминуемо приведут к тому, что через короткий срок мы не сможем найти на Земле ни одного нормального для жизни места. Планета не молчит, но терпелива. Уже были не раз экологические катастрофы, человечество не должно допустить, чтобы ярость «изуродованной» планеты смела человечество с лица Земли. Уже сегодня необходимо ее уберечь от самих себя.

Список литературы

1. Зайцев В. А. Промышленная экология / В.А. Зайцев. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. – С. 512. – ISBN 978-5-9963-0812-5.
2. Промышленная экология: Учебное пособие / Под ред. В. В. Денисова. — М: ИКЦ Март, 2007/
3. Медицинская экология: учеб. пособие / А. Н. Стожаров. — Минск: Выш. шк., 2007.
4. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 09.01.2018).

Теоретическая физика и нанотехнологии

УДК 537.622.6

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В СОТОВОЙ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЕ ТОНКОЙ ФЕРРИТ-ГРАНАТОВОЙ ПЛЕНКИ

Авдошин В.Ю., Безус А.В., канд. физ.-мат. наук, доц.

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

avdoshin.vlad@mail.ru

Введение. Обнаруженные в конце 50-х гг. ХХ в. цилиндрическое магнитные домены (ЦМД) заинтересовали экспериментаторов и теоретиков [1-3]. После разработанной Бобеком энергонезависимой памяти на ЦМД [4], началось бурное исследование проблем устойчивости доменных структур (ДС) разных материалов. Для изготовления пленок с заданными характеристиками появилась необходимость исследовать поведение доменной структуры в широком интервале полей и температур, т. е. исследовать статические характеристики доменной структуры.

Исследования в этой области до сих пор не утратили своей актуальности, т.к. действием температуры или внешними магнитными полями можно управлять параметрами доменной структуры, индуцировать переходы между состояниями с различными ДС, изменять физические свойства магнетиков и расширять возможности их технического применения в микроэлектронике, а также СВЧ-технике.

Цель. Целью настоящей работы является экспериментальное и теоретическое исследование фазовых переходов (ФП) в сотовых и ячеистых ДС, которые имеют место при увеличении напряженности магнитного поля и /или температуры пленки.

Основная часть. Эксперименты были выполнены на магнитооптической установке, в которой предусмотрены как возможность изменения температуры пленки, так и воздействия на образец магнитными полями различного направления. Объектами исследования являлись тонкие феррит-гранатовые пленки составов $(TmBi)_3(FeGa)_5O_{12}$ с температурой Нееля $T_N=455K$ и $(ISmLuCa)_3(FeGe)_5O_{12}$ толщиной $5\div8$ мкм с осью легкого намагничивания, ориентированной перпендикулярно поверхности пленки, намагниченностью насыщения $4\pi M=200$ Гс.

В обеих пленках регулярную РЦД можно формировать импульсным магнитным полем, перпендикулярным плоскости пленки (рис.1а). Такая решетка является равновесной, т.е. ее параметры отвечают минимуму энергии при температуре формирования [5].

В данных экспериментах ДС формировалась следующим образом: сначала при нулевом поле смещения путем уменьшения планарного поля

формировалась аморфная решетка ЦМД. После этого пленка подвергалась воздействию переменного магнитного поля с частотой 50 Гц и малой амплитудой. В результате получалась гексагональная решетка ЦМД с небольшим количеством дефектов структуры (1-2 дефекта), которая при увеличении поля смещения, направленного параллельно намагниченности внутри ЦМД, превращалась в регулярную сотовую доменную структуру (СДС) (рис.1б).

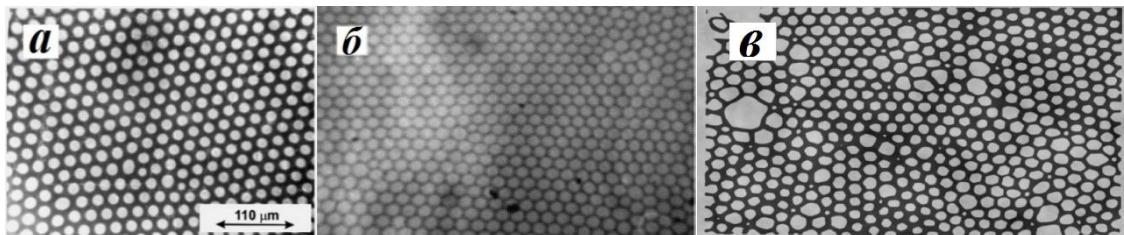


Рис.1. Виды ДС пленки: а – решетка ЦМД; б – регулярная сотовая ДС; в – ячеистая ДС

Пленка с полученной таким способом СДС подвергалась нагреванию при постоянном поле смещения. При достижении определенной температуры в СДС происходил фазовый переход к новой структуре, которая отличалась от исходной большими размерами доменов и периодом. В новой структуре домены имели вид ячеек, среднее число сторон в которых равно шести. Страйп-домены, разделяющие соседние ячейки, образуют 3-лучевые и 5-лучевые вершины. При дальнейшем увеличении температуры происходит распад пятилучевых вершин и образуется ячеистая структура, в которой присутствуют лишь трехлучевые вершины. Плотность ДС на этом этапе уменьшается медленно по сравнению с уменьшением плотности во время разрушения регулярной СДС. Переход от исходной СДС к новой структуре СДС', происходит скачкообразно. Величина температурного интервала, в котором происходит резко уменьшение плотности СДС, составляет $\Delta T = 1 \div 2$ К. Наблюдения за кинетикой этого перехода показывают, что дефекты упаковки служат центрами образования новой СДС'.

Подобная картина переходов наблюдалась на всех исследованных образцах.

В другой серии экспериментов СДС каждый раз формировалась при

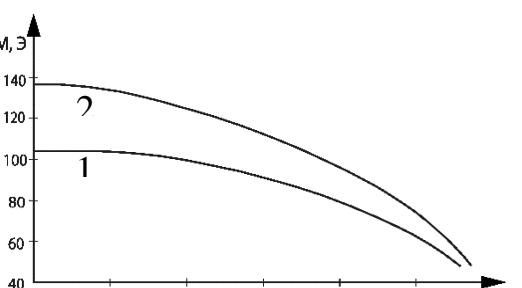


Рис. 2. Зависимость поля перехода СДС-СДС от температуры: 1 – поле перехода; 2 – поле разрушения пятилучевых вершин

различных температурах, после чего при $T=const$ увеличивалось поле смещения (H). При этом изменялась зависимость поля перехода СДС-СДС' от температуры (рис. 2, кривая 1) и поля, при котором происходит исчезновение пятилучевых вершин в СДС' (рис. 2, кривая 2).

Индукцируемые увеличением поля смещения ФП происходят аналогично переходам, индуцируемым увеличением температуры. При

росте величины отрицательного поля смещения размеры этих доменов увеличиваются, а затем происходит разрушение сотовой структуры, т.е. фазовый переход сотовой ДС в ячеистую структуру (рис.1в). Новая структура имеет большое число дислокаций и дисклинаций и представляет собой нерегулярно расположенные пяти- и семилепестковые домены. Если исходная РЦД имела дефекты в виде стыка полотен решетки

Рис.3. Зависимость плотности доменов в СДС от температуры

или домена неправильной формы, то разрушение происходит на неоднородностях при поле, на 2–3Э меньше.

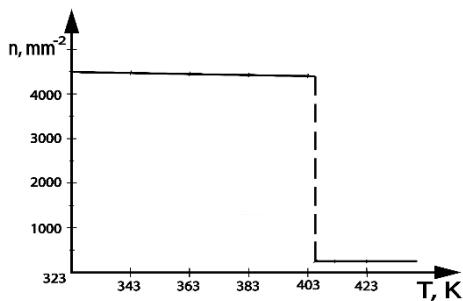
Таким образом, и другие переходы имеют скачкообразный характер, если исходная СДС является достаточно регулярной. Характер зависимости плотности доменов от температуры (или поля) в процессе перехода СДС-СДС' имеет вид, показанный на рис.3.

Заключение. Для переходов, индуцируемых увеличением поля смещения, измерена зависимость величины напряженности поля перехода СДС-СДС' от температуры. Характер переходов, непрерывный или скачкообразный, определяется числом дефектов в исходной СДС.

Экспериментально полученная зависимость температуры спонтанного перехода как функция напряженности поля смещения, показывает, что как переходы происходящие при увеличении H , так и переходы, происходящие при нагревании, являются необратимыми. Необратимость этих переходов обусловлена тем, что для осуществления обратного перехода от СДС малой плотности к СДС большей плотности требуется зарождение большого числа доменов, что связано с преодолением значительного энергетического барьера.

Список литературы

1. Звездин А.К. Магнитооптика тонких пленок / А.К. Звездин, В.А. Котов. – Москва: Наука, 1988. – 192 с.
2. Рандошкин В.В. Прикладная магнитооптика / В.В. Рандошкин, А.Я. Червоненкис. – Москва: Энергоиздат, 1990. – 320 с.
3. Эшенфельдер А. Физика и техника цилиндрических магнитных доменов / А. Эшенфельдер. –Москва: Мир, 1983. – 496 с.
4. Bobek A.H. The Energy and General Translation Force of Cylindrical Magnetic Domains / A.H. Bobek // Bell. System. Tech. J. –1967. – V.46, № 10. – P.1901.
5. Ю.А.Сирюк Роль магнитостатического давления в механизме фазовых переходов сотовой доменной структуры пленок феррита-граната / Ю. А. Сирюк, А. В. Безус, В. В. Смирнов // ФТВД. – 2013. – Т. 23, № 3. – С. 31-38.



ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СУЛЬФОЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ НА ПРОТОННУЮ ПРОВОДИМОСТЬ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА

Барбашов В.И., канд. физ.-мат. наук, **Чайка Э.В.**, канд. техн. наук
ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР
ceramics@mail.ru

Введение. В настоящее время топливные элементы [1] и электролизеры с полимерными мембранами [2] являются фактически единственной реальной основой как водородной, так и метанольной энергетики. Ключевыми элементами топливного элемента являются мембрана, газопроницаемые электроды и катализаторы, которые в собранном виде образуют мембранный-электродный блок. На сегодняшний в качестве мембраны с ионной проводимостью практически повсеместно используется нафцион или другой тип мембраны. Но все они отличаются дороговизной и ограниченным сроком службы. Более того, большинство используемых на практике мембран требуют особых условий проведения электролиза. Например, широко используемые мембранные Nafion работают в жидкости только с низкой кислотностью и только с определёнными катализаторами.

Актуальность практического применения мембран из протонпроводящих полимерных пленок в альтернативной энергетике стимулировала исследования как в направлении улучшения эксплуатационных свойств пленок типа Nafion и снижения их себестоимости, так и в поиске новых полимерных протонпроводящих материалов с низкой проницаемостью.

Среди электролитов, альтернативных патентованным коммерческим пленкам, центральное место занимают мембранные на основе поливинилового спирта (ПВС), отличающиеся низкой себестоимостью и малой собственной газопроницаемостью при относительно высоких значениях удельной электропроводности [3]. Для достижения высокой катионной проводимости в электролиты на основе ПВС практически всегда вводят протонный донор в виде твердых неорганических или органических кислот. Одним из эффективных протонных доноров в пленки ПВС является сульфоянтарная кислота.

Цель. В настоящей работе методом импедансной спектроскопии изучено влияние концентрации сульфоянтарной кислоты на проводимость полимерных пленок на основе ПВС. Все исследованные пленки отличались хорошей однородностью, отсутствием пузырьков и имели постоянную толщину по всей рабочей поверхности площадью $\approx 2.5 \text{ см}^2$. Толщина пленок составляла $0.45 \pm 0.05 \text{ mm}$.

Ионную проводимость полученных тонкопленочных образцов твердых полимерных электролитов исследовали методом импедансной спектроскопии в диапазоне частот 0.2 Hz – 300 kHz. В экспериментах использовали симметричную ячейку с блокирующими электродами из нержавеющей стали.

Измерительная установка состояла из низкочастотного прецизионного генератора сигналов Г3-110, измерителя разности фаз Ф2-34 и цифровых приборов для измерения тока и напряжения, подаваемых на образец. Измерительная цепь отличалась низким уровнем шума, высокой стабильностью, что позволяло проводить исследования импеданса образцов при низком уровне сигнала, который не превышал 2 mV.

Результаты и их обсуждение. На рис. 1 приведены годографы импеданса исследуемых пленок от концентрации сульфоянтарной кислоты. С увеличением концентрации протонных доноров при температуре 7 °C наблюдается уменьшение активной составляющей электросопротивления и рост электрической емкости пленки. Специальными проверками установлено, что смещение годографов вдоль оси Z_i не связано с материалом электродов и сопротивлением подводящих проводов, которое не превышает 0.01 Ω.

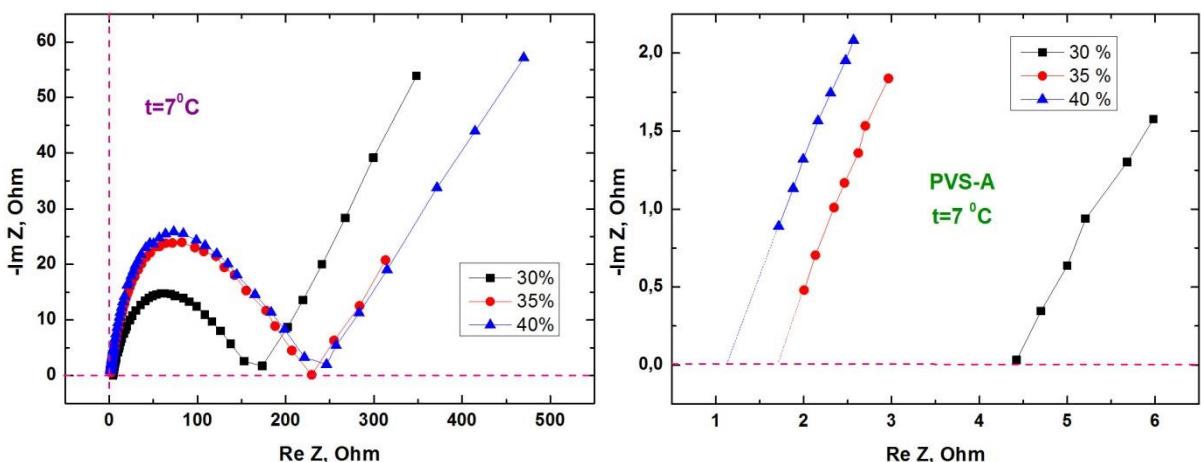


Рис.1. Годографы импеданса полимерных пленок на основе поливинилового спирта в зависимости от концентрации сульфоянтарной кислоты

Метод «отсечки» (определение величины электросопротивления при экстраполяции кривой годографа к оси Z_i) используется в большинстве работ в качестве способа определения электрических характеристик мембранны. Задачей исследователей является получение минимального значения объемной составляющей реальной части комплексного сопротивления Z . Величина реактивной части комплексного сопротивления отражает тот факт, что измерительная ячейка представляет собой конденсатор.

Заключение. Установлено, что изменение концентрации сульфоянтарной кислоты от 30 % до 40 % приводит к более чем 4-кратному уменьшению объемной части активного электросопротивления. Получен-

ные значения удельной проводимости пленок, содержащих 40 % сульфоянтарной кислоты в неоптимизированном составе, меньше проводимости пленок Nafion примерно в 5 раз при стоимости последних на два порядка выше. Данное обстоятельство является весомым аргументом по оптимизации состава пленок на основе ПВС с целью повышения их удельной электропроводности.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность И.Ю. Прохорову за техническое содействие.

Список литературы

1. Kim D. J. A review of polymer-nanocomposite electrolyte membranes for fuel cell application / D. J. Kim, M. J. Jo, S. Y. Nam // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2015. – Vol. 21. – P. 36-52.
2. Paidar M. Membrane electrolysis – History, current status and perspective / M. Paidar, V. Fateev, K. Bouzek // Electrochimica Acta. – 2016. – Vol. 209. – P. 737–756.
3. Прохоров И. Ю. Протонные мембранны на основе поливинилового спирта / И. Ю. Прохоров. – Beau Bassin, Mauritius : LAP LAMBERT Academic Publ. RU, 2018. – 80 с.

УДК 537.622.6

ТЕМПЕРАТУРНО-ПОЛЕВАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ РЕШЕТОК ПОЛОСОВЫХ ДОМЕНОВ В ОДНООСНОЙ ФЕРРИТ- ГРАНАТОВОЙ ПЛЕНКЕ

*Сирюк Ю.А.¹, д-р физ.-мат. наук, проф.,
Безус А.В.¹, канд. физ.-мат. наук, доц.,*

Капищуков Р.А.¹, Кононенко В.В.² канд. физ.-мат. наук

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

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

a.bezus@donnu.ru

Введение. Доменные структуры магнетиков в течение многих лет являются объектом интенсивных экспериментальных и теоретических исследований, вызванных интересами как прикладной науки, так и фундаментальной. В последнее время свойства полосовых доменных структур (ПДС) и решеток цилиндрических магнитных доменов используют при создании устройств транспортировки магнитомаркированных микробиологических частиц [1, 2].

Цель настоящей работы – экспериментально изучить влияние температуры и магнитного поля на решетку полосовых доменов, на домены и доменные границы.

Актуальность этой работы в том, что исследования, проведенные в ней, могут быть использованы при создании устройств транспортировки магнитомаркированных микробиологических частиц. Кроме того, эти

устройства можно использовать для сортировки при разных температурах химических частиц по их размерам.

Основная часть. Для исследования выбрана пленка с развитой поверхностью $\langle 111 \rangle$, выращенная методом жидкокристаллической эпитаксии на гадолиний-галлиевой подложке состава $(TmBi)_3(FeGa)_5O_{12}$ ($T_N=437$ К, $T_c=120$ К), где T_N – температура Нееля, T_c – температура магнитной компенсации. Толщина пленки $h = 8.4$ мкм. Пленка имеет при комнатной температуре фактор качества $Q > 5$. При такой величине фактора качества в доменной границе действием импульсного магнитного поля создаются вертикальные блоховские линии (ВБЛ) [3]. Доменная структура наблюдается благодаря магнитооптическому эффекту Фарадея.

В работе рассматривается влияние магнитного поля смещения на температурную устойчивость двух видов решеток полосовой доменной структуры. Первая – ПДС₁, формируется импульсным магнитным полем, перпендикулярным плоскости пленки, при отсутствии поля смещения; вторая – ПДС₂, формируется импульсным полем в присутствии поля смещения. Затем импульсное поле выключается. Обе решетки являются равновесными, но при наложении поля смещения ПДС₁ оказывается неравновесной, а ПДС₂, формируемая при разных полях смещения, является равновесной [4].

Под действием импульсного магнитного поля создаются жесткие доменные границы с большим количеством ВБЛ. В жестких доменах имеются две силы (сила отталкивания ВБЛ и магнитостатическая сила), которые уравновешиваются сжимающими силами поверхностного натяжения стенки Блоха. Стенка Блоха и поле смещения дают статистически устойчивый домен.

При $T = 300$ К и $H = 0$ создана решетка ПДС₁. При формировании ПДС₁ импульсное поле создает такое количество доменов, при котором общая энергия решетки оказывается минимальной. При наложении поля смещения к магнитостатической энергии решетки добавляется зеemanовская энергия, плотность которой различна внутри и вне домена, что приводит к изменению ширины домена. Но эти энергии не могут изменить количество доменов, поэтому период p_1 решетки ПДС₁ остается постоянным при наложении поля смещения. С увеличением поля ширина домена d_1 с антипараллельной полю намагниченностью уменьшается, период ПДС₁ остается постоянным.

На формирование решетки ПДС₂ в присутствии поля смещения влияние оказывает баланс двух энергий – зеemanовской и магнитостатической. С увеличением поля смещения вклад зеemanовской энергии в общую энергию решетки растет. Поэтому при формировании равновесной ПДС₂ (с минимумом общей энергии) импульсное поле создает меньшее количество доменов, что приводит к увеличению периода решетки p_2 . При увеличении магнитного поля смещения в неравновесной

решетке ПДС₁ период остается постоянным, а ширина домена с антипараллельной полю намагниченностью уменьшается. В равновесной решетке ПДС₂ при увеличении поля смещения период увеличивается, ширина домена также уменьшается. С увеличением температуры пленки решетка ПДС₁, сформированная при нулевом поле смещения, сохраняется в интервале температур $T_F - T_1$. При T_1 происходит фазовый переход

первого рода с уменьшением периода из полосовой доменной структуры в волновую доменную структуру (ВДС): ПДС₁–ВДС₁ (рис.1). При наложении поля смещения температурный интервал устойчивости решетки ПДС₁ увеличивается (рис.1 кривая 1). Максимальный интервал устойчивости решетки ПДС₁ наблюдается при поле смещения $H = 50$ Oe. При этом поле решетка

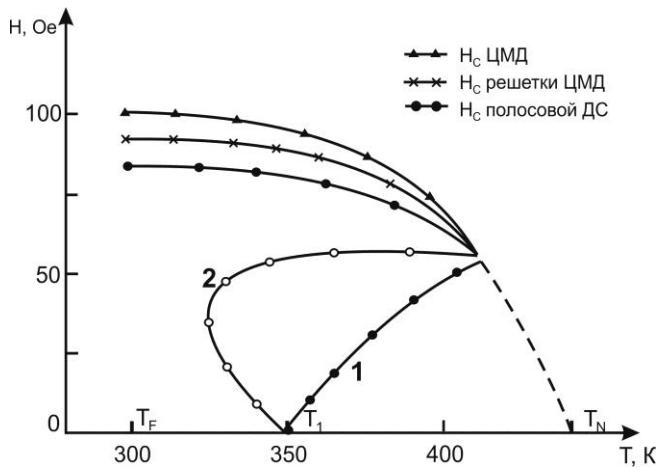


Рис. 1. Влияние магнитного поля на температурную устойчивость решеток ПДС: 1 – неравновесной ПДС₁; 2 – равновесной ПДС₂

сохраняется до температурного коллапса.

Полевая зависимость температурной устойчивости ПДС₂, формируемой в присутствии поля смещения, представлена на рис. 1 кривая 2. Видно, что при поле смещения $0 < H \leq 0.5$ Oe температурный интервал устойчивости решетки уменьшается. При небольших полях, в которых формируется решетка полосовых доменов, нарушается баланс между магнитостатической и зеемановской энергиями. Решетка оказывается неустойчивой, и происходит фазовый переход первого рода ПДС₂–ВДС₂ при температурах, меньших T_1 . С увеличением поля ($H > 50$ Oe) действие зеемановской энергии увеличивается, и температурный интервал устойчивости решетки полосовых доменов растет вплоть до температуры коллапса.

Заключение. При постоянной температуре магнитное поле оказывает разное влияние на параметры этих решеток, что сказывается и на их температурной устойчивости.

В первом случае магнитное поле оказывает влияние на уже сформированную с определенным числом доменов решетку. Поле уменьшает ширину домена с антипараллельной магнитному полю намагниченностью и не изменяет период решетки. Стенка Блоха и магнитное поле дают статически устойчивый домен, что приводит к увеличению температурной устойчивости решетки полосовых доменов. Во втором случае магнитное поле участвует в формировании решетки полосовых доменов. Баланс магнитостатической и зеемановской энергий

приводит к уменьшению числа доменов в решетке, т.е. к увеличению периода и уменьшению ширины домена с антипараллельной полю намагниченностью. Температурный интервал устойчивости этой решетки зависит от соотношения магнитостатической и зеемановской энергий. При магнитном поле величиной $H \geq 0.5H_c$ (H_c – поле коллапса ЦМД) в доменной границе обеих решеток происходит резкое уменьшение количества ВБЛ путем аннигиляции. В результате обе решетки достигают максимального температурного интервала устойчивости.

Список литературы

1. Tierno P. Dynamic colloidal sorting on a magnetic bubble lattice / P. Tierno, A. Soba, T.H. Johansen, F. Sagues // Appl. Phys. Lett. – 2008. – V 93. – P. 214102.
2. Tierno P. Colloidal transport on magnetic garnet films / P.Tierno, F.Sagués, TH.Johansen, TM.Fischer // Physical Chemistry Chemical Physics. – 2009. – V. 11. – P. 9615-9625.
3. Малоземов А. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами / А. Малоземов, Дж. Слонзуски. – Москва: Мир, 1982. – 384 с.
4. Сирюк Ю.А. Фазовые переходы в жесткой доменной структуре феррит-гранатовой пленки / Ю.А. Сирюк, А.В. Безус, Е.Д. Бондарь, В.В. Кононенко // ФТТ. – 2019. – Т. 61, вып.7. – С. 1250-1257.

УДК 537.9

ОБМЕННО-СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДОВ ПОРЯДОК-ПОРЯДОК, ПОРЯДОК-БЕСПОРЯДОК

*Вальков В.И.¹, д-р физ.-мат. наук, проф.,
Головчан А.В.¹, канд. физ.-мат. наук, доц.,*

*Митюк В.И.², канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.,
Маширов А.В.³, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.*

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

²ГО «НПЦ НАН Беларусь по материаловедению» г. Минск, Беларусь

³Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Москва, РФ

valkov09@gmail.com

Интенсивные исследования различных типов магнитокалорических эффектов, в частности обратного магнитокалорического эффекта (ОМКЭ), сопровождающего переходам порядок-порядок, актуализирует интерес к теоретическому анализу механизмов этих переходов. Традиционное представление таких механизмов базируется на различных типах обменно-стrikционных моделей [1, 2] и моделей существования и взаимодействия магнитных мод различной симметрии [3, 4]. В первом случае понижение энергии при переходе от одного типа магнитного порядка к другому возникает как результат изменения эффективных обменных параметров при изменении объема элементарной ячейки как

целого; во втором случае возникновение нового типа магнитного порядка и соответствующий выигрыш в энергии обусловлен преимущественным выбором системы одного из путей стабилизации при конкуренции флюктуирующих магнитных мод различной симметрии.

Настоящая работа рассматривает магнитные фазовые переходы порядок-порядок в системах с кристалло-симметрийной (структурной) неустойчивостью. Здесь энергетический выигрыш от возникновения нового типа магнитного порядка происходит на фоне зависимости обменных параметров от конфигурации всех атомов элементарной ячейки. При этом деформация ячейки как целого допустима, но играет второстепенную роль.

Нестехиометрические твердые растворы $\text{Ni}_{1-x}\text{Co}_x\text{MnGe}_{1.05}$ [5], $\text{Ni}_x\text{Mn}_{1.9-x}\text{Ge}$ [6] относятся к системам в которых магнитные фазовые переходы 1-го рода ферромагнетизм-гелимагнетизм (FM-НМ) реализуются как магнитоструктурные. При этом, высокотемпературные FM фазы обладают гексагональной решеткой типа Ni_2In (группа симметрии $\text{P}6_3/\text{mmc}$); конкурирующей низкотемпературной НМ фазе соответствует ромбическая решетка типа TiNiSi (группа симметрии P_{nma}). Именно эти магнитные фазовые переходы порядок-порядок могут обеспечивать существование заметного ОМКЭ. Для теоретического анализа подобных магнитоструктурных переходов используем модель, в которой спонтанное появление ромбической симметрии и соответствующей конфигурации атомов в кристаллической решетке связано с замораживанием оптических колебаний атомов Ni ниже температуры T^0 [7]. Согласно [7], термодинамический потенциал (ТП) структурно-упругой подсистемы имеет вид

$$\begin{aligned} \Omega(Q_0, \sigma) = & \frac{N_0}{2} V_0 (Q^2_0 + \sigma) + \frac{N_0}{4} (\gamma Q_0^4 + 6Q_0^2 \sigma + 3\sigma^2) + \\ & + \frac{N_0}{6} \Gamma (Q_0^6 + 15Q_0^4 \sigma + 45Q_0^2 \sigma^2 + 15\sigma^3) - \frac{1}{2} N_0 Q_0^2 v_0 (1 + L_1 e_1 + L_2 e_2) - T \frac{k_B}{2} N_0 \ln \sigma + (1) \\ & + \frac{1}{2} e_1^2 / \kappa_1 + \frac{1}{2} (e_2)^2 / \kappa_2 + P e_1 - T (\alpha e_1 / \kappa_1) \end{aligned}$$

где $Q_0 = \langle Q_n \rangle$ – среднее тепловое значение локальной нормальной координаты мягкой моды Q_n , вычисленное в приближении смещенного гармонического осциллятора и описывающее замороженное коллективное смещение ионов $\text{Ni}_1, \text{Ni}_2 \langle U_{nz}^{Ni1,2} \rangle$ в n -той элементарной ячейке [7] при структурном переходе $\text{P}6_3/\text{mmc}(Q_0 = 0) \leftrightarrow \text{Pnma}(Q_0 \neq 0)$; Q_0 является параметром структурного порядка; $\sigma = \langle [Q_n - \langle Q_n \rangle]^2 \rangle$ – дисперсия; Зависимость фурье-компоненты парного взаимодействия между мягкими модами различных ячеек $v_0(e_1, e_2) = \sum_{n'} v_{nn'} = v_0(1 + L_1 e_1 + L_2 e_2)$ от объемных (e_1) и

ромбических e_2 деформаций учитывает связь фононной подсистемы со статическими деформациями кристалла. ТП спиновой подсистемы, допускающей гелимагнитное упорядочение вычисленный в приближении среднего поля имеет вид:

$$\Omega(y) = Ns^2 [J(k_z)\sin^2(\theta) + J(0)\cos^2(\theta)]y^2 - Nk_B T \ln Z(X) \quad (2a)$$

$$Z(X) = [sh(1+(2s)^{-1})X]/sh[(2s)^{-1}X], \quad (2b)$$

$$X = [2s^2 y [J(k)\sin^2(\theta) + J(0)\cos^2(\theta)] + 2\mu_0 s H_{0z} \cos \theta]/k_B T \quad (2c)$$

$$J(k) = J(k_a) = J_0(Q_0, e_1) + J_1(Q_0, e_1) \cos \Psi + J_2(Q_0, e_1) \cos 2\Psi \quad (2d)$$

$$J(0) = J_0(Q_0, e_1) + J_1(Q_0, e_1) + J_2(Q_0, e_1) \quad (2e)$$

$\sum_n = N_0$, $\sum_{n,k} = N$ – число элементарных гексагональных ячеек и число магнитоактивных атомов (Mn) в единице объема, $H_{0\alpha}$ а-компоненты внешнего магнитного поля, μ_0 – магнетон Бора; s – собственное значение оператора спина s , $y = \langle s_n^i \rangle / s$ – относительное значение магнитного момента i -го атома Mn, соответствующее параметру магнитного порядка в геликоидальном состоянии; ϑ – угол между направлением локальной оси квантования и направлением внешнего поля H_{0z} ; $\Psi = k_a \pi$ и 2Ψ – углы между средними значениями проекций спинов $\langle s_n^i \rangle$ атомов, расположенных в ближайших ферромагнитных слоях гексагональной ячейки, перпендикулярных гексагональной оси C_h .

При моделировании систем, в которых гелимагнитное состояние соответствует ромбической фазе и в которых реализуется последовательность спонтанных магнитных и магнитоструктурных переходов $PM(P6_3/mmc) \leftrightarrow FM(P6_3/mmc) \leftrightarrow HM(Pnma)$ необходимо выполнение условий $T_C > T_t = T_N > T_t^0$ для температур Кюри (T_C), Нееля (T_N) и температур структурных переходов (спонтанного – T_t^0 и индуцированного магнитным порядком – T_t). Эти условия дополняются определенными требованиями для $\cos \Psi$, $\cos \theta$. В этом случае может возникнуть ситуация взаимообусловленности гелимагнитной и ромбической фаз, что приводит к следующим магнитным и магнитокалорическим особенностям, рис. 1, рис. 2.

Теоретические зависимости на рис. 1, рис. 2 позволяют провести углубленный анализ магнитокалорических особенностей, которым посвящены экспериментальные работы [5, 6].

Исследование выполнено при финансовой поддержке БРФФИ и РФФИ в рамках научного проекта №Т20Р-204 и № 20-58-00059, соответственно.

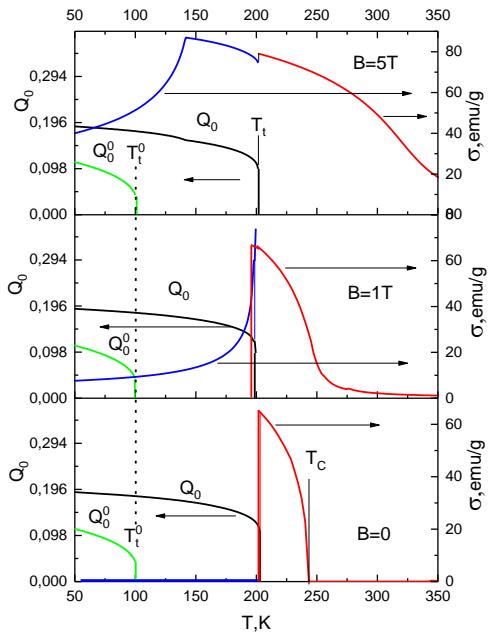


Рис.1. Изменение магнитных и структурных характеристик магнитоструктурных переходов $PM(P6_3/mmc) \leftrightarrow FM(P6_3/mmc) \leftrightarrow HM(Pnma)$ при возрастании индукции магнитного поля.

Красные и синие линии-намагниченность σ системы в гексагональной $FM(P6_3/mmc)$ и ромбической $HM(Pnma)$ фазах соответственно; Q_0 и Q_0^0 -структурные ПП при отсутствии и наличии магнитоструктурного взаимодействия

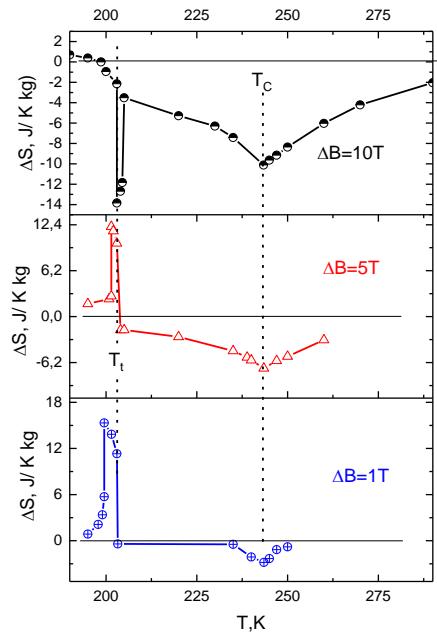


Рис.2. Изменение типа МКЭ при возрастании индукции магнитного поля в области температуры магнито-структурного перехода порядок-порядок $FM(P6_3/mmc) \leftrightarrow HM(Pnma)$.

Синие и красные пики при $T_t = T_{N^-}$ соответствуют изменению изотермической энтропии $\Delta S(T) = S(T, B) - S(T, 0)$ при обратном МКЭ для $\Delta B \leq 5T$; черный пик-прямой МКЭ для $\Delta B \geq 10T$; при температуре магнитного разупорядочения T_c МКЭ всегда прямой и возрастает при увеличении B

Список литературы

1. Bean C.P. Magnetic disorder as a first-order phase transformation / C.P. Bean, D.S. Rodbell // Phys. Rev. – 1962. – V. 126. – P.104. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.126.104>.
2. Завадский Э.А. Магнитные фазовые переходы / Э.А. Завадский, В.И. Вальков // Киев, «Наукова думка». – 1980. – 196с.
3. Мория Т. Спиновые флуктуации в магнетиках с коллективизированными электронами / Т.Мория. – Москва, «Мир» 1988. – 288 с.
4. Вальков В.И. Магнитные фазовые переходы порядок–порядок в магнетиках с коллективизированными электронами: $Fe_{2-x}Mn_xAs$ / В.И. Вальков, А.В. Головчан, В.П. Дьяконов, Н. Szymczak //ФНТ. – 2011. – Т. 37, № 4. – С. 397-408.
5. Zhang C. The magnetostructural transformationand magnetocaloric effect in Co-doped $MnNiGe_{1.05}$ alloys / C. Zhang, D. Wang, Q. Cao, S. Ma, H. Xuan, Y.Du // J. Phys. D: Appl. Phys. – 2010. – V.43. – P.205003 (5pp).

6. Zhang C.L. Magnetostructural phase transition and magnetocaloric effect in off-stoichiometric Mn_{1.9-x}Ni_xGe alloys/ C. L. Zhang, D. H. Wang, Q. Q. Cao, Z. D. Han, H. C. Xuan, Y. W. Du. // Appl. Phys. Lett. – 2008. – V. 93. – P.122505.
7. Вальков В.И. Скачкообразные процессы магнитного разупорядочения, стимулированные магнитным полем в системах со структурной неустойчивостью / В.И. Вальков, А.В. Головчан, В.В. Коледов, Б.М. Тодрис, В.И. Митюк // ФТТ. – 2020. – Т. 62, № 5. – С. 710-718.

УДК 536-33:536-36

ДИНАМИКА ИЗГИБА И РАСПРЯМЛЕНИЯ ПАЛЛАДИЕВОЙ КОНСОЛИ В ПРОЦЕССЕ ОДНОСТОРОННЕГО НАСЫЩЕНИЯ ВОДОРОДОМ

Гуменник К.В., канд. физ.-мат. наук, **Червинский Д.А.**

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

Введение. Взаимодействие водорода с металлами платиновой группы приобрело особую актуальность в последние десятилетия в связи с бурным развитием водородной энергетики [1-3], мембранных технологий очистки водорода и разделения его изотопов [4], а также в связи с созданием высокоселективных датчиков, сенсорных устройств и кантилеверов для целей атомно-силовой микроскопии [5, 6].

Термодинамическое равновесие в системе палладий-водород изучено достаточно подробно и тщательно [7, 8]. В настоящее время на первый план выходит изучение кинетики процессов проникновения водорода в палладий через его поверхность, скорости реакции разделения молекул водорода на поверхности палладия, диффузии, абсорбции, десорбции и выхода водорода из металла. Возникает необходимость установить времена протекания этих процессов и их зависимость от давления молекулярного водорода, температуры, чистоты поверхности, толщины слоя металла.

Цель настоящей работы заключается в экспериментальном изучении формоизменения консольно-закреплённой пластины палладия при её одностороннем насыщении водородом при температуре 180 °C и равновесной концентрации атомарного водорода 0.00929 H/Pd. Кроме того, с целью теоретического осмысления полученных экспериментальных результатов была поставлена задача разработки упрощённой модели динамики сгиба-разгиба палладиевой консоли в результате абсорбции водорода. В конечном счёте, это позволило вывести систему уравнений, решая которую в явной конструктивной форме и асимптотически точно были получены основные показатели динамики вхождения и диффузии водорода в пластине палладия.

Основная часть. Экспериментальные исследования проводились на образце из чистого палладия (99.98 %) в виде тонкой пластины с размерами 66x5.5x0.27 мм, закреплённой горизонтально в виде консоли. Образец был отожжён при 700 °C в течении часа и охлаждён вместе с печью. Одну сторону отожжёного образца электролитически покрывали медной плёнкой. Образец далее размещался в водородно-вакуумной установке, закреплённый одним торцом так, чтобы сверху была сторона покрытая медью (непроницаемая для водорода). Длина рабочей части консоли (кантилевера) после закрепления $l = 60$ см.

В ходе эксперимента образец нагревали до 180 °C и выдерживали при этой температуре 20 минут. Затем в изотермических условиях в рабочую камеру подвали диффузионно-очищенный водород до заданного давления 0.0145 Па. Сразу после прекращения подачи водорода ($t = 0$) начинали записывать, с помощью катетометра и видеокамеры, изменение стрелы прогиба пластины через кварцевое окно в рабочей камере. Ошибка измерения положения свободного конца палладиевой консоли составляла не более $0.3 \cdot 10^{-7}$ м. Экспериментальные результаты просуммированы на рис. 1.

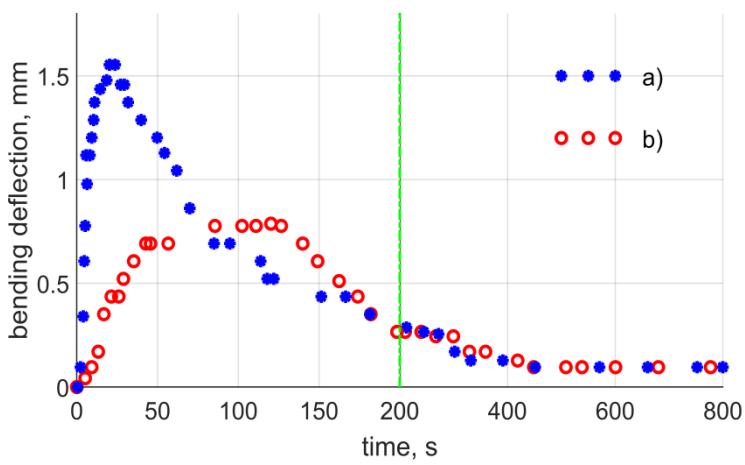


Рис. 1. Экспериментальная временная зависимость стрелы прогиба палладиевого кантилевера при 180 °C и “быстрой” (за 2.7 с, точки а), а также “медленной” (за 180 с, точки б) подаче водорода до рабочего давления 0.0145 Па

Их теоретическое осмысление основано на том факте, что стрела прогиба консоли λ равна

$$\lambda = \frac{\alpha(c_s - c_m)l^2}{h}, \quad (1)$$

где эмпирическая константа $\alpha = 0.068$, l, h – длина и ширина образца, c_s – концентрация водородных примесей внедрения в непосредственной близости от незаблокированной поверхности образца, c_m – средняя по объёму образца концентрация атомарного водорода.

Вывод системы кинетических уравнений, определяющих разность $c_s(t) - c_m(t)$ базируется на следующих положениях:

1) Уравнение диффузии водорода в палладии имеет вид:

$$\frac{\partial c(x,t)}{\partial t} = D_{eff}(c) \frac{\partial^2 c(x,t)}{\partial x^2}, \quad 0 \leq x \leq h, \quad 0 \leq t \leq \infty, \quad (2)$$

где $D_{eff}(c)$ – коэффициент диффузии.

2) Поток атомарного водорода через незаблокированную границу образца равен

$$\left. \frac{dc(x,t)}{dx} \right|_{x=0} = -\frac{\gamma}{D_{\text{eff}}} [c_e - c_s], \quad (3)$$

где γ – кинетический коэффициент размерности скорости, c_e – равновесная концентрация атомарного водорода, определяемая законом Сивертса. На рис. 2 представлено численное решение системы кинетических уравнений определяющих стрелу прогиба консоли для разных значений основного безразмерного параметра задачи $\rho = \frac{D_{\text{eff}}}{\pi\gamma h}$.

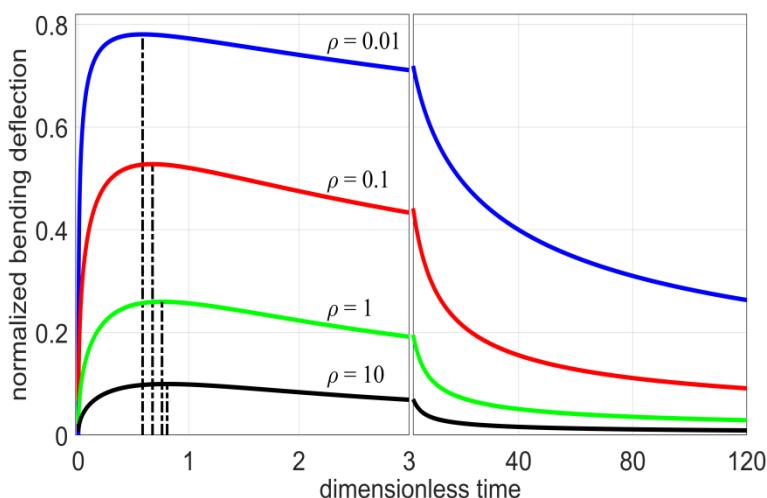


Рис. 2. Численное решение системы кинетических уравнений определяющих стрелу прогиба консоли для разных значений основного безразмерного параметра задачи $\rho = \frac{D_{\text{eff}}}{\pi\gamma h}$

Заключение. Экспериментально изучена деформация консольно-закреплённой пластины палладия при одностороннем насыщении водорода. Построена теоретическая модель, описывающая данный процесс. Подтверждена хорошая сходимость эксперимента и теории, что позволило, в частности, надёжно оценить скорость проникновения водорода в палладий. При 180 °C она равна $1.3 \cdot 10^{-5}$ м/с.

Список литературы

1. B. P. Tarasov and M. V. Lototskii, Russ. J. Gen. Chem. 77, 660–675 (2007).
2. D. Alique, D. Martinez-Diaz, R. Sanz, and J. A. Calles, Membranes 8, 5 (2018).
3. T. Peters and A. Caravella, Membranes 9, 25 (2019).
4. T. L. Ward and T. Dao, J. Membr. Sci. 153, 211–231 (1999).
5. A. Ollagnier, A. Fabre, T. Thundat, and E. Finot, Sens. Actuators B Chem. 186, 258–262 (2013).
6. Z. Hu, T. Thundat, and R. J. Warmack, J. Appl. Phys. 90, 427 (2001).
7. G. S. Burkhanov, N. B. Gorina, N. B. Kolchugina, N. R. Roshan, D. I. Slovetsky, and E. M. Chistov, Platinum Met. Rev. 55, 3–12 (2011).
8. J. Völkl and G. Alefeld, in Hydrogen in Metals I Basic Properties, edited by G. Alefeld and J. Völkl (Springer Verlag, Berlin, 1978), pp. 321–348.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПЛЁНОК $CN_x:Eu_yO_z$, НА ОСНОВЕ ИК-СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ

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

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

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

DC-магнетрон позволяет синтезировать материалы заранее заданного состава и структуры. Это обусловлено его возможностью – формировать при распылении мишени кластеры необходимого химического состава нанометрового размера. Такие материалы могут сочетать как преимущества свойств, определяемыхnanoструктурой, так и собственных химических свойств, элементов его составляющих [1-4].

Плёнки нитрида углерода, легированные в процессе роста оксидами редкоземельных металлов – лантанидов, представляют собой плотноупакованные массивы многослойных нанотрубок и наноколонн, размеры которых зависят от параметров работы DC-магнетрона.

На их основе могут создаваться электронные компоненты для 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 $CN_x:Eu_yO_z$ получали с помощью DC-магнетрона в чистом N_2 на вакуумной установке ВУП-5М. В качестве подложек использовался гадолиний-галлиевый гранат. Комбинированная мишень представляла собой пластину графита с модифицированным Eu_2O_3 . Температура подложек при этом варьировалась в пределах 200^0 - 250^0 С для различных образцов. Время роста составляло 1,0 час.

ИК-спектры углеродных плёнок анализировали, используя пакет математического моделирования Origin 7.0 с плагином PiKFM. 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: CH, C≡N, C=N, C=C, C=C, C-sp², C-sp³. Данные типы связей содержат около 88 % sp²-гибритизованных связей.

Введение примеси оксида европия незначительно меняло соотношение компонент, уменьшая содержание в пленках sp³-

гибитизированных связей, что связано с графитизацией пленки при легирование РЗМ.

Список литературы

1. 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.
2. 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, А.А. Павелко // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля: Международная научно-практическая конференция «Открытые физические чтения – 2017». – Луганск. 2017. – С. 240-246.
3. Полуэктов Н.С. Спектрофотометрические и люминесцентные методы определения лантаноидов / Н.С. Полуэктов, Л.И. Кононенко, Н.П. Ефрюшина, С.В. Бельтюкова. – Киев, 1989. – 254 с.
4. Шемченко Е.И. Люминесценция и модель роста наноколонарных плёнок $CN_x:Eu_yO_z$, полученных на магнетроне постоянного тока / Е.И. Шемченко, В.И. Кириченко, А.Н. Гангало // ФТВД. – 2017. – №2. – С. 26.

УДК 53.092

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ФЛЮИДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Изотов А.И., Сироткин В.В., Кильман Г.В.,
Шалаев Р.В., канд. физ.-мат. наук*

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

scsecr@donfti.ru

Введение. Композитные материалы в настоящее время широко востребованы во многих областях. К примеру, структуры вида «ядро-оболочка» могут применяться в качестве строительных блоков для приборов электроники и фотоники – таких, как конверторы энергии, устройства хранения энергии, разнообразные сенсоры. Покрытия повышенной твердости с возможностью осаждения на поверхности различных конфигураций могут с успехом использоваться для защиты и упрочнения деталей [1]. Многие получаемые сегодня композиты отличаются не только прочностью, но и высокой оптической прозрачностью, а также рядом других интересных характеристик, которые делают такие материалы перспективными в различных прикладных сферах.

В настоящей работе рассматривается возможность получения наноструктурных композитов в условиях сверхкритического флюида. В основном это связано с рядом особенностей сверхкритических сред – их высокой растворяющей способностью, быстрым массопереносом и

сочетанием низкой вязкости и высокого коэффициента диффузии с пренебрежимо малым межфазным натяжением, что позволяет СКФ довольно легко проникать в пористые среды [2]. Кроме того, следует отметить, что СКФ-технологии зачастую оказываются значительно дешевле в применении, чем традиционные, и уже давно нашли широкое применение во многих областях промышленности.

Описание эксперимента и его результаты. Сначала методом магнетронного распыления графита в азотной атмосфере мы получали пленки CN_x , которые в дальнейшем должны были использоваться в качестве прекурсоров. Образцы выращивали на подложках из покровного стекла, предварительно очищенного в смеси растворителей. Затем полученные пленки вместе с чистыми стеклянными подложками, на которые должно было произойти осаждение композита, помещались в сконструированную нами камеру для работы с СКФ. Камера, представляющая собой автоклав из жаропрочной нержавеющей стали, заполнялась рабочим веществом (водным раствором аммиака 25 %), количество которого определялось экспериментально. Затем включался нагреватель с внешней теплоизоляцией и при постоянном контроле давления температура доводилась до 250 °С. Данная температура и давление, равное 85 атм. поддерживались в течение 4-5 часов, после чего нагреватель выключали, образцы охлаждали и передавали на дальнейшее исследование. Измерение и регулировка температуры в ходе эксперимента осуществлялась контроллером «Тегмотест-04/2», имеющим погрешность ± 1 °С и диапазон 0 – 1000 °С, давление контролировалось манометром МТИ с диапазоном 0 – 250 kgf/cm².

Конечные образцы изучались методом сканирующей электронной микроскопии с помощью микроскопа JSM-6490 LV.

На рисунке 1 представлена микрофотография одного из образцов наноструктурных композитов, полученных нами в условиях СКФ.

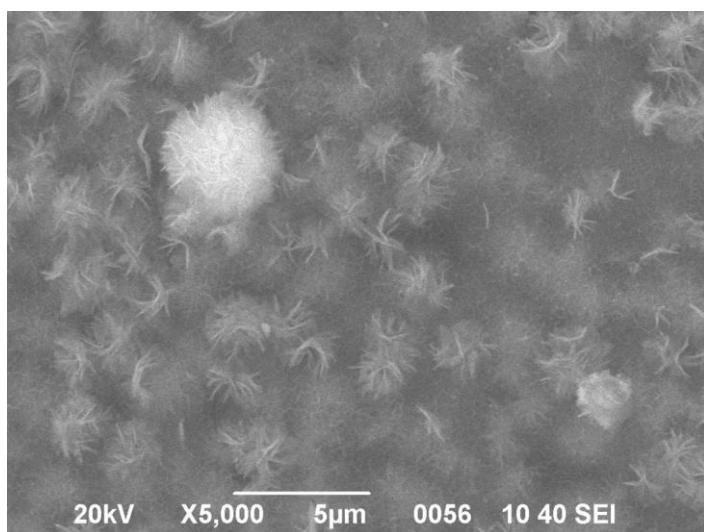


Рис. 1. Микрофотография композита, содержащего в составе O, C, Si

Согласно данным сканирующей электронной микроскопии, крупные частицы содержат преимущественно кислород, углерод и кремний. Наличие в составе композита Si, по нашим предположениям, объясняется тем, что во время обработки сверхкритическим раствором аммиака произошло частичное растворение стеклянной подложки. Как видно на рисунке, полученный композит обладает интересной и довольно необычной структурой.

Продолжая работать в данном направлении, мы получили и другие образцы композитов. Их структура варьировала довольно значительно, химический состав изменялся в меньшей степени. Можно предположить, что их свойства также менялись в широких пределах, хотя этот вопрос нами пока специально не изучался.

Заключение. Полученные в ходе экспериментов образцы композитов отличались разнообразием структуры, и химического состава. Нами сделано предположение, что продолжая работу в этом направлении, можно получить композиты с заранее известными свойствами. Таким образом, полученные данные позволяют сделать вывод о перспективности применения сверхкритического флюида при разработке новых наноструктурных материалов.

Список литературы

1. Андреев А.В. Микроструктура и трибологические свойства нанокомпозитных покрытий на основе аморфного углерода / А.В. Андреев, А.Д. Коротаев, И.Ю. Литовченко, А.Н. Тюменцев, Д.П. Борисов // Физическая мезомеханика. – 2015. – Т. 18. – № 1. – С. 73-83.
2. Бекетова А.Б. Современное состояние развития сверхкритических флюидных технологий / А.Б. Бекетова, Ж.М. Касенова // Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. – 2012. – № 4. – С. 249-255.

УДК 533.922, 533.924, 539.234, 67.02

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ НАНОСТРУКТУРНЫХ ПЛЁНОК $\text{CN}_x:\text{Eu}_y\text{O}_z$

**Комиссаров Н.Н.¹, Петренко А.Г.¹, д-р физ.-мат. наук, проф.,
Шемченко Е.И.²**

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

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

Путём вариации параметров работы и состава композитной мишени DC-магнетрон позволяет синтезировать материалы сложного химического состава и структуры, что определяется его особенностью – кластерным распылением мишени. Это позволяет синтезировать сложные соединения, в которых будут

сочетаться как размерные свойства структуры материала, так и собственные химико-физические свойства составляющих его компонентов [1-4].

Плёнки нитрида углерода, легированные в процессе роста трёхвалентным оксидом европия, $\text{CN}_x:\text{Eu}_y\text{O}_z$, представляют собой массивы многослойных нанотрубок и наноколонн.

Они могут быть применены при создании электронных компонентов для фото- и электролюминесцентных, сенсорных устройств, оптоэлектроники, квантовых вычислительных систем.

Образцы были выращены на вакуумной установке ВУП-5М с помощью DC-магнетрона в чистой азотной атмосфере. Мощность магнетронного разряда была около 20 Вт при индукционной стабилизации плазмы разряда и давлении азота в рабочем объёме до 120 мТорр.

Комбинированная мишень представляла собой пластины химически чистого графита, в которой были просверлены не сквозные отверстия диаметром 2 мм и заполнены Eu_2O_3 . Примесь компактировалась в условиях всестороннего гидростатического сжатия, и отжигалась в непрерывно откачивающемся вакууме не хуже 10^{-5} Торр при температуре от 300 до 400°C для удаления абсорбированной из воздуха воды.

В качестве подложек применялись полированные пластины гадолиний-галлиевого граната. 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 подготавливается для роста наноструктур. Время синтеза было 1 час.

Спектры люминесценции измерялись с помощью лампы ДРТ-240 в качестве источника возбуждения, подключённой к монохроматору МДР-2, который выделяет полосу возбуждения из спектра ртутной лампы. Излучение люминесценции регистрировалось ФЭУ, которая была подключена ко второму монохроматору МДР-2, регистрирующему. Также в составе установки была фокусирующая оптика, самописцы, блоки питания и т.д.

Возбуждение люминесценции в плёнках проводилось на длине волны 266 нм. Экспериментально были обнаружены стандартные переходы для трёхвалентного иона европия Eu^{3+} : $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_0$, $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_1$, $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_2$, $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_3$, $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_4$. В некоторых образцах обнаруживалась полоса люминесценции около 730 нм, которая зависит от размерности элементов структуры углеродной матрицы.

Было определено, что амплитуда пиков и набор полос люминесценции, соответствующих электронным переходам в Eu^{3+} , зависит от размеров наноструктурных элементов плёнок. Размер этих элементов определяется параметрами работы магнетрона.

В аморфных плёнках $\text{CN}_x:\text{Eu}_y\text{O}_z$ наблюдалась широкая полоса люминесценции с малой амплитудой без выделенных отдельных полос.

Список литературы

1. 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.
2. 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, А.А. Павелко // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля: Международная научно-практическая конференция «Открытые физические чтения – 2017». – Луганск, 2017. – С. 240-246.
3. Полуэктов Н.С. Спектрофотометрические и люминесцентные методы определения лантаноидов / Н.С. Полуэктов, Л.И. Кононенко, Н.П. Ефрюшина, С.В. Бельтюкова. – Киев, 1989. – 254 с.
4. Шемченко Е.И. Люминесценция и модель роста наноколонарных плёнок $CN_x:Eu_yO_z$, полученных на магнетроне постоянного тока / Е.И. Шемченко, В.И. Кириченко, А.Н. Гангало // ФТВД. – 2017. – №2. – С. 26.

УДК 537.9

ОСОБЕННОСТИ МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В $MnNi_{0.75}Fe_{0.25}Ge$

Королев К.А.¹, Головчан А.В.¹, канд. физ.-мат. наук, доц.,

Сиваченко А.П.¹, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.,

Грибанов И.Ф.¹, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.,

Каменев В.И.¹, д-р физ.-мат. наук, Сиваченко Т.С.¹,

Коледов В.В.², д-р техн. наук, проф., Шавров В.Г.², д-р техн. наук, проф.,

Андрейченко Е.П.³, Нырков Н.Ю.^{1,3}

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

²Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Москва, РФ

³ГОУ ВПО Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, ДНР

golovchan1@yandex.ru

Как известно из литературы [1], стехиометрический $MnNiGe$ при высоких температурах является парамагнетиком с гексагональной кристаллической структурой типа Ni_2In . При понижении температуры до 470К происходит структурный переход мартенситного типа от высокотемпературной гексагональной к низкотемпературной орторомбической структуре типа $TiNiSi$. При дальнейшем понижении температуры наблюдается изоструктурный магнитный фазовый переход из парамагнитной (PM) фазы в антиферромагнитную спиральную структуру ($T_N=346$ K), намагниченность которой очень мала. При дальнейшем понижении температуры (260 K) возникает сложная магнитная структура типа двойной спирали [2]. Подбором подходящего легирования в $MnNiGe$ возможно сформировать

как новое состояние со спонтанной намагниченностью, так и создать материалы с сильным магнитоупругим взаимодействием [2]. Одним из вариантов такого легирования является система $MnNi_{1-x}Fe_xGe$. Добавление железа способствует проявлению ферромагнитной фазы ($x>0.1$) на фазовой диаграмме температура-концентрация [4], а также понижает температуры магнитного и структурного фазовых переходов до их совмещения при $x=0.2$. Таким образом, в образцах при $x>0.2$ формируется резкий магнитоструктурный фазовый переход гексагональный парамагнетик (ПМ) – орторомбический ферромагнетик(ФМ), ключевыми особенностями которого являются [3]: большое изменение параметров решетки ($(\Delta a/a)_{orth}=-12.3\%$, $(\Delta b/b)_{orth}=8.6\%$, $\Delta V/V=-2.66\%$); гигантский магнитокалорический эффект (~18 Дж/кг*К в поле 5 Тл, и 2 Дж/кг*К в поле 1 Тл); большой температурный гистерезис. Низкотемпературная антиферромагнитная фаза (АФ) обладает сложной магнитной структурой и довольно легко складывается внешним магнитным полем [3]. Наличие двух близко расположенных фазовых переходов ПМ-ФМ и ФМ-АФ позволяет использовать данную систему как модельную для изучения фундаментальных свойств как прямого (переход ПМ-ФМ) так и обратного (переход АФ-ФМ) магнитокалорического эффекта.

В настоящей работе приведены результаты исследования монокристалла $MnNi_{0.75}Fe_{0.25}Ge$, выращенного методом Бриджмена из сплава $MnNi_{0.75}Fe_{0.25}Ge$. Магнитные свойства монокристалла исследовались в полях до 1 Тл при помощи маятниковых магнитных весов типа Доменикали (рис. 1). Изотермы намагничивания в квазистатических полях до 8 Тл измеряли методом вибрационного магнитометра с помощью ACMS-блока установки PPMS-9 фирмы Quantum Design (рис. 2). Согласно данным дифференциального термического анализа температура структурного перехода находится в диапазоне 150-170 К. Величина магнитокалорического эффекта определялась через соотношение Максвелла по данным магнитных измерений.

При замещении атомов никеля железом область существования ФМ фазы и, соответственно расстояние между фазовыми переходами ПМ-ФМ и ФМ-АФ увеличивается, что положительно сказывается на величине МКЭ (рис. 3). Так, в монокристалле $MnNi_{0.75}Fe_{0.25}Ge$, орторомбическая ось a которого направлена вдоль магнитного поля, максимальное значение прямого МКЭ достигается при 200К и составляет -0.6 Дж/кг·К. Величина обратного МКЭ возрастает до 0.7 Дж/кг·К при 170 К. При изменении направления магнитного поля ($B||b_{orth}$) величина обратного магнитокалорического эффекта увеличивается в два раза (до 1.35 Дж/кг·К при $\Delta B=0-1$ Тл). Данный рост вызван опрокидыванием магнитных подрешеток в поле 0.8 Тл.

Определенный интерес представляет поведение прямого и обратного МКЭ в сильных магнитных полях. Поскольку, как следует из полевой

зависимости кривых намагничивания ПМ и АФ фаз (рис.2), изменение магнитной энтропии содержит два вклада. Первый связан с изменением энтропии при метамагнитном фазовом переходе АМ-ФМ ($\Delta S_m > 0$) или ПМ-ФМ ($\Delta S_m < 0$), а второй определяется изменением магнитной энтропии при парапроцессе ($\Delta S_p < 0$). Эти вклады взаимодополняют друг друга при переходе ПМ-ФМ и конкурируют при переходе АФ-ФМ. Поэтому прямой МКЭ с ростом магнитного поля возрастает, а обратный МКЭ при превышении некоторого граничного поля начинает убывать (рис. 4) вплоть до превращения в прямой МКЭ в сильных полях (3 Тл для $MnNi_{0.75}Fe_{0.25}Ge$).

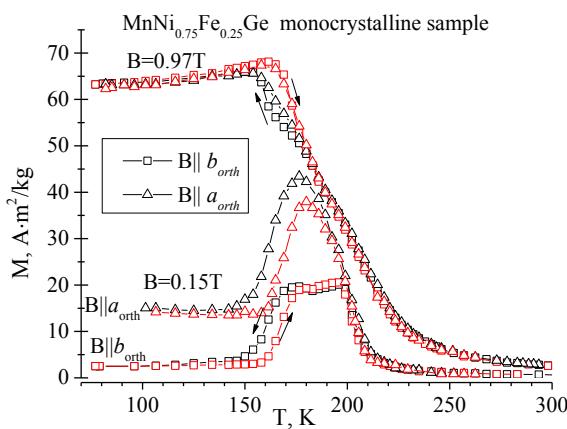


Рис. 1. Температурная зависимость намагниченности монокристалла $MnNi_{0.75}Fe_{0.25}Ge$. Сплошные символы – нагрев, пустые – охлаждение

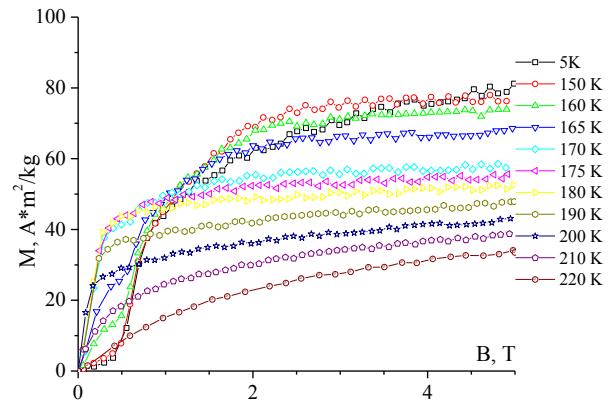


Рис. 2. Изотемпературные кривые намагничивания орторомбической оси b монокристалла $MnNi_{0.75}Fe_{0.25}Ge$ измеренные в окрестности фазовых переходов (150-220К)

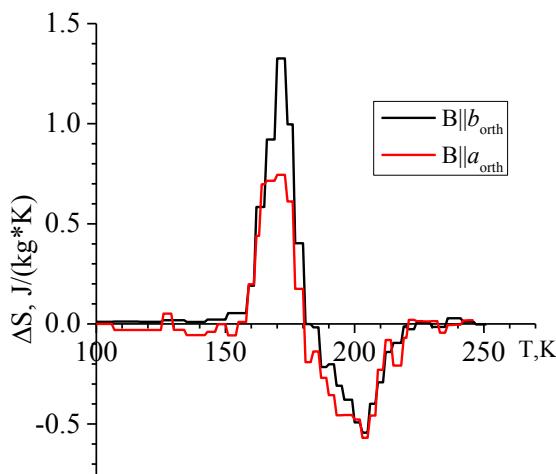


Рис.3. Магнитокалорический эффект монокристалла $MnNi_{0.75}Fe_{0.25}Ge$ вдоль разных осей $\Delta B=0-1T$, рассчитанный по кривым $M(T)$

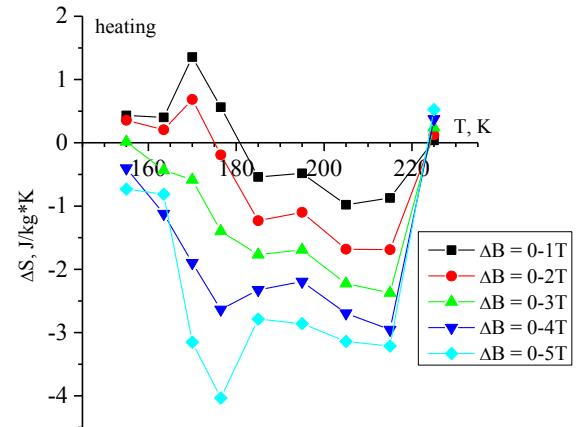


Рис.4. Магнитокалорический эффект $MnNi_{0.75}Fe_{0.25}Ge$ вдоль орторомбической b -оси в монокристаллическом образце, рассчитанный по кривым $M(H)$

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-19-00745).

Список литературы

1. Crystal and Magnetic Structure of NiMnGe / W. Bazela, A. Szytula, J. Todorovic, Z. Tomkowicz, A. Zieba // Physica Status Solidi(a). – 1976. – V. 88. – P. 721-729.
2. Fjellvag H. On the crystal structure and magnetic properties of MnNiGe / H. Fjellvag, A.F. Andersen / Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 1985. – V.50. – P.291-297.
3. Magnetic phase transitions and magnetocaloric effect in the Fe-doped MnNiGe alloys / Z. Cheng-Liang, W. Dun-Hui, C. Jian, W. Ting-Zhi, X. Guang-Xi, Z. Chun // Chinese Physics B. – 2011. – V.20. – P.097501.
4. Stable magnetostructural coupling with tunable magnetoresponsive effects in hexagonal ferromagnets / E. Liu, W. Wang, L. Feng, W. Zhu, G. Li, J. Chen, H. Zhang, G. Wu, C. Jiang, H. Xu, F. de Boer // Nature Communications. – 2012. – V. 3. – P. 873.

УДК 533.922, 533.924, 538.975, 539.25, 539.234

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПЛЕНОК $\text{CN}_x\text{Eu}_y\text{O}_z$ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ РАБОТЫ DC-МАГНЕТРОНА

Лихтенштейн И.Я., Шемченко Е.И.

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

liechtenstein_igor@mail.ru, shemal@mail.ru

Углеродные пленочные материалы представляют большой интерес для различных отраслей производства – от машиностроения до электроники. Легирование таких пленок атомами редкоземельных металлов позволяет расширить и без того немалый спектр уникальных свойств углерода за счет оптических свойств, присущих лантаноидам. Последние, в свою очередь, могут оказывать непосредственное влияние на структуру пленки в процессе роста.

Работа посвящена исследованию особенностей в строении наноструктурных пленок нитрида углерода, легированных оксидом европия, полученных на DC-магнетроне методом ионно-плазменного распыления комбинированной углерод-металлооксидной мишени в атмосфере азота. Образцы выращивали 1 час при постоянном токе DC-магнетрона и постоянном давлении в рабочем объеме, но при различных значениях напряжения разряда и температуры нагрева подложки (таблица 1) [1, 2].

Анализ изображений, полученных с помощью просвечивающего электронного микроскопа JEM-200A фирмы «JEOL», показал, что поверхность образца №1, выращенного при относительно малых значениях напряжения DC-магнетрона и температуры подложки, состоит из одиночных многослойных углеродных нанотрубок диаметром 65-75 nm. Примечательно, что строение данных нанотрубок имеет отличительные

черты, свойственные катализитическому процессу образования с предварительным засеванием подложки частицами катализатора. Наличие ярко выраженных внутренних перегородок и шарообразной «шляпки» хорошо согласовывается с вершинным механизмом роста нанотрубок [3-6]. В нашем случае в качестве катализатора могут выступать частицы металлического европия, образованного в результате окислительно-восстановительных реакций в плазме магнетронного разряда.

Таблица 1

Параметры получения пленок $\text{CN}_x:\text{Eu}_y\text{O}_z$

№ образца	Температура подложки, $^{\circ}\text{C}$	Ток DC-магнетрона, mA	Напряжение DC-магнетрона, V	Давление в рабочей камере, mTorr	Время роста, min
1	225	47-48	235-247	160-170	60
2	310		331-337		

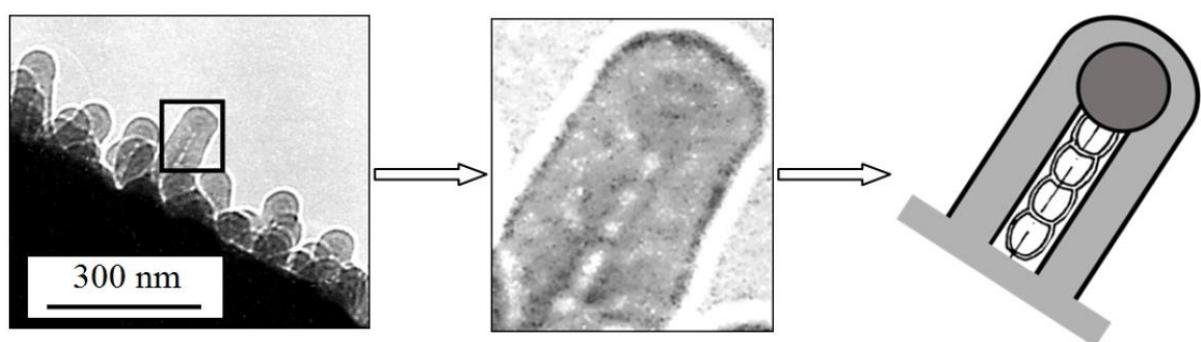


Рис. 1. Строение нанотрубок в пленках $\text{CN}_x:\text{Eu}_y\text{O}_z$ (образец №1)

Отличительной особенностью пленки №2, полученной при более высоких значениях напряжения магнетрона и температуры подложки, является то, что образованные в ней углеродные нанотрубки обладают меньшим диаметром (10-40 nm) и объединены в пучки диаметром 150-200 nm.

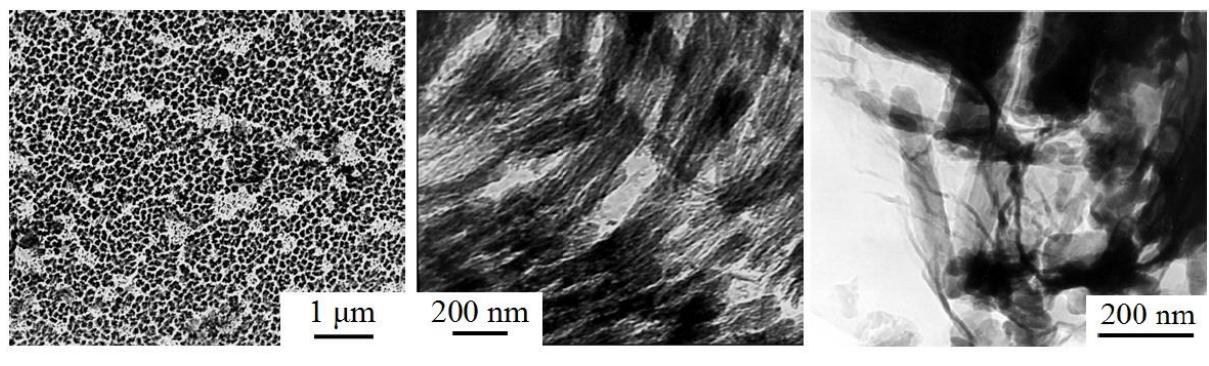


Рис. 2. 2D-изображения пленки $\text{CN}_x:\text{Eu}_y\text{O}_z$ (образец №2) при различном увеличении:
а – $\times 10000$; б, в – $\times 50000$.

При этом бамбукообразной булавовидной структуры в них не наблюдается. Это, вероятно, связано с тем, что более высокое напряжение DC-магнетрона приводит к образованию в плазме более крупных и высокоэнергичных углеродных кластеров, равномерно распределяющих в себе атомы европия, вследствие чего не создаются условия для образования перегородок и обогащенных европием «шляпок».

Список литературы

1. Шемченко Е.И. Особенности получения наноструктурных пленок $CN_x:Eu_yO_z$ методом магнетронного напыления, полученных на магнетроне постоянного тока / Е.И. Шемченко, И.Я. Лихтенштейн // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля, 2019. – №7 (25). – С. 139-142.
2. Шемченко Е.И. Некоторые особенности морфологии поверхности наноструктурных пленок нитрида углерода, легированных оксидом европия / Е.И. Шемченко, А.Г. Петренко, И.Я. Лихтенштейн // ФТВД, 2019. – Т. 29, №2. – С. 90-98.
3. Кузнецов В.Л. Общие закономерности формирования углеродных наноструктур и нитевидных кристаллов карбида кремния на поверхности металлических катализаторов / В.Л. Кузнецов, А.Н. Усольцева, И.Н. Мазов // Российский химический журнал, 2004. – Т. 48, №5. – С. 37-45.
4. Saito Y. Carbon Nanocapsules Encaging Metals and Carbides / Y. Saito, T. Yoshikawa, M. Okuda, N. Fujimoto, K. Sumiyama, K. Suzuki, A. Kasuya, Y. Nishina // J. Phys. Chem. Solids, 1993. – Т. 54, №12. – С. 1849-1860.
5. Saito Y. Nanoparticles and Filled Nanocapsules / Y. Saito // Carbon, 1995. – Т. 33, № 7. – С. 979-988.
6. Gohier A. Carbon nanotube growth mechanism switches from tip- to base-growth with decreasing catalyst particle size / A. Gohier, C.P. Ewels, T.M. Minea, M.A. Djouadi // Carbon, 2008. – Т. 46. – С. 1331-1338.

УДК 538.911

АЛЮМИНИЕВЫЙ ДОПИНГ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ ЦИРКОНИЕВОЙ КЕРАМИКИ

Малецкий А.В.^{1,2}, Беличко Д.Р.¹,

Милославский А.Г.², д-р физ.-мат. наук, проф.,

Константинова Т.Е.¹, д-р физ. мат. наук, Лоладзе Л.¹

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

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

daniel.belichko@yandex.ru

Настоящая работа посвящена исследованию свойств керамики на основе нанопорошка ZrO_2 – 3mol % Y_2O_3 , легированного различным содержанием Al_2O_3 . Исследовано влияние добавок Al_2O_3 на кинетику спекания, плотность, пористость и количество моноклинной фазы диоксида циркония.

Введение. Керамика на основе нанопорошков диоксида циркония обладает уникальным набором свойств по сравнению с другими керамическими материалами, в частности, высокой прочностью, износостойкостью, химической инертностью, ионной проводимостью и биосовместимостью. Такие качества уже позволяют использовать диоксид циркония в промышленности, медицине и т.д. Однако керамика из диоксида циркония требует дальнейшего изучения и улучшения свойств. В данной работе исследуется влияние легирования оксидом алюминия на кинетику спекания и физические свойства керамики на основе ZrO_2 -3 моль% Y_2O_3 [1].

Результаты и выводы. Известно, что тетрагональный диоксид циркония имеет существенный недостаток, а именно, свойство деградации в гидротермальных условиях в интервале температур 120-300°C с изменением фазового состава, что может привести к разрушению материала. Это связано со значительным увеличением количества моноклинной фазы, удельный объем которой больше, чем у тетрагональной ($V_m > V_t \approx 4\%$)[2].

Результаты наших исследований показывают, что легирование небольшим количеством Al_2O_3 может предотвратить образование большого количества моноклинной фазы и, соответственно предотвратить разрушение керамики (рис. 1).

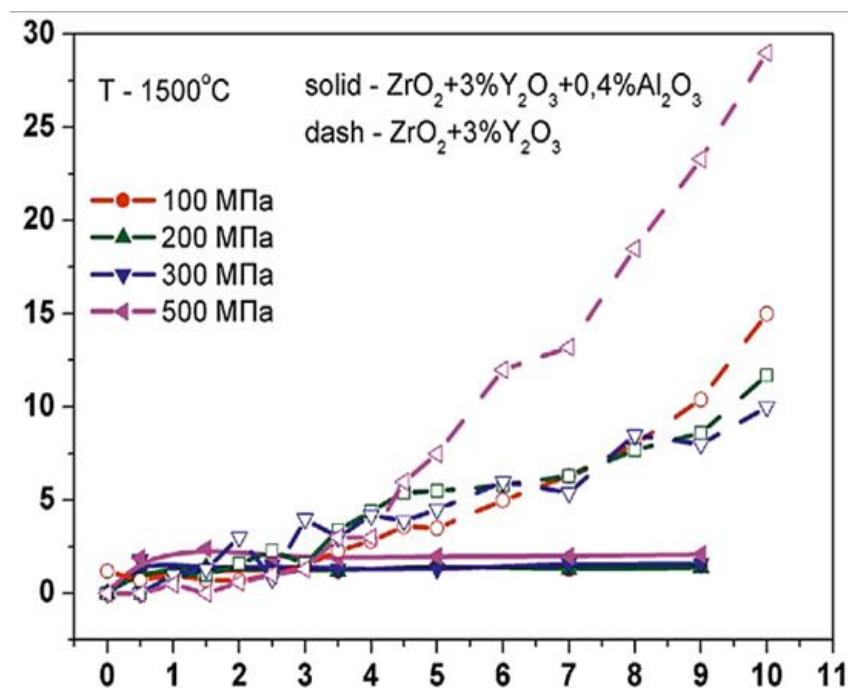


Рис. 1. Количество M-фазы от времени деградации

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

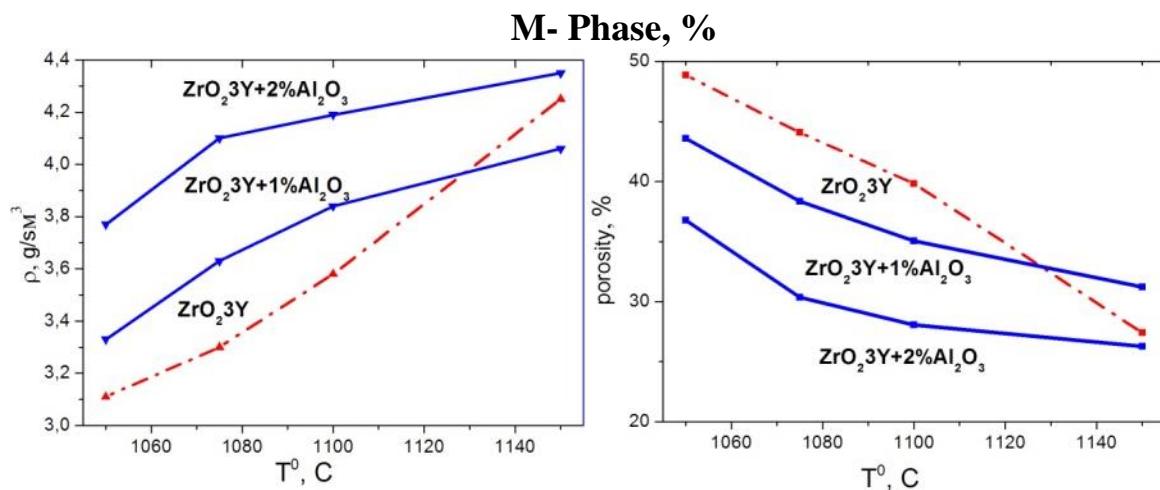


Рис. 2. Плотность и пористость керамики

Выводы. Таким образом, легирование оксидом алюминия керамики на основе диоксида циркония положительно влияет на кинетику спекания этих материалов. Используемые добавки препятствуют образованию М-фазы, а также приводят к увеличению плотности керамики. Следствием этого является гидротермическая стабильность материала при температуре 120-300 °С, которая не наблюдалась в исходном материале, а также повышение твердости и упругих свойств исследуемой керамики.

Список литературы

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

УДК 537.9

ДИАГНОСТИКА ТЕПЛОВЫХ КИНЕТИЧЕСКИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОДЛОЖЕЧНОГО МАТЕРИАЛА В ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ БОЛОМЕТРИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

Николаенко Ю.М., канд. физ.-мат. наук, **Федюк Д.В.**,

Решидова И.Ю., канд. физ.-мат. наук

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

Вид и особенности кристаллической структуры подложечного материала влияет на электрические и магнитные характеристики тонких пленок, а также существенно отражается на термодинамических характе-

ристиках пленочных структур. Поэтому на практике контроль тепловых кинетических коэффициентов (ТКК) материала подложек может быть крайне полезным для обеспечения оптимальных характеристик технических устройств. В отношении пленочных структур на основе многокомпонентных оксидных соединений актуальным является контроль удельной теплоемкости и теплопроводности материала подложки.

Ранее, нестационарный метод диагностики ТКК в пленочных структурах развивался в ряде работ, см., например, [1, 2]. Метод основан на регистрации и количественном анализе резистивного отклика пленки на облучение микроволновой мощностью. Временная структура наблюдаемого болометрического отклика пленки после включения мощности нагрева отражает процесс распространения тепла в системе пленка – подложка – термостат. Процесс завершается установлением стационарного теплопереноса в течение промежутка времени в несколько десятков секунд. При этом на интерфейсе пленка – подложка, на толщине подложки и на интерфейсе подложка – термостат возникает разность температур $T_1 \ll T_2 \ll T_3$. Температурные амплитуды $T_1 - T_3$ значительно отличаются по величине и по времени релаксации – времени установления стационарных значений. Они характеризуются набором постоянных времени $\tau_1 < \tau_2 < \tau_3$, соответственно. Количественно значения температурных амплитуд и постоянных времени связаны с набором ТКК пленочной структуры, что в принципе позволяет восстановить из значения.

Решение практических задач по оценке ТКК требует согласованного подхода для теории и эксперимента и в большой степени зависит от возможностей используемой измерительной техники. Дело в том, что временная функция зависимости температуры нагрева пленки характеризуется большим диапазоном изменения амплитуды и времени, а технических устройств, для регистрации такой зависимости с необходимым разрешением, в настоящее время промышленно не выпускается. Тем не менее, развита методика регистрации функции $\Delta T_f(t)$ по частям, на основе нескольких актуальных участков. Наиболее доступным с технической точки зрения является регистрация участка $\Delta T_f(t)$ в масштабе времени τ_3 , что позволяет оценить теплоемкость материала подложки. В отношении оценки теплопроводности материала подложки возникает более сложная ситуация. Техническая проблема заключается в необходимости синхронизировать запуск регистрирующего устройства (АЦП) с моментом включения импульса микроволновой мощности. Кроме того, для регистрации изменяющейся части болометрического отклика, необходим усилитель постоянного тока (УПТ) с широкой полосой пропускания, позволяющий компенсировать относительно большую постоянную составляющую сигнала [2]. В альтернативном подходе используется режим последовательности прямоугольных импульсов. Такой режим ранее успешно использовался

для измерений теплового сопротивления на интерфейсе пленка – подложка [3,4]. В случае последовательности импульсов с длительностью порядка τ_2 для корректной оценки ТКК необходимо учитывать особенности распространения тепла в этом режиме. На рис. 1 приведены теоретические кривые $\Delta T_f(t)$, рассчитанные для двух режимов манипуляции мощности в линейном (а) и двойном логарифмическом (б) масштабах.

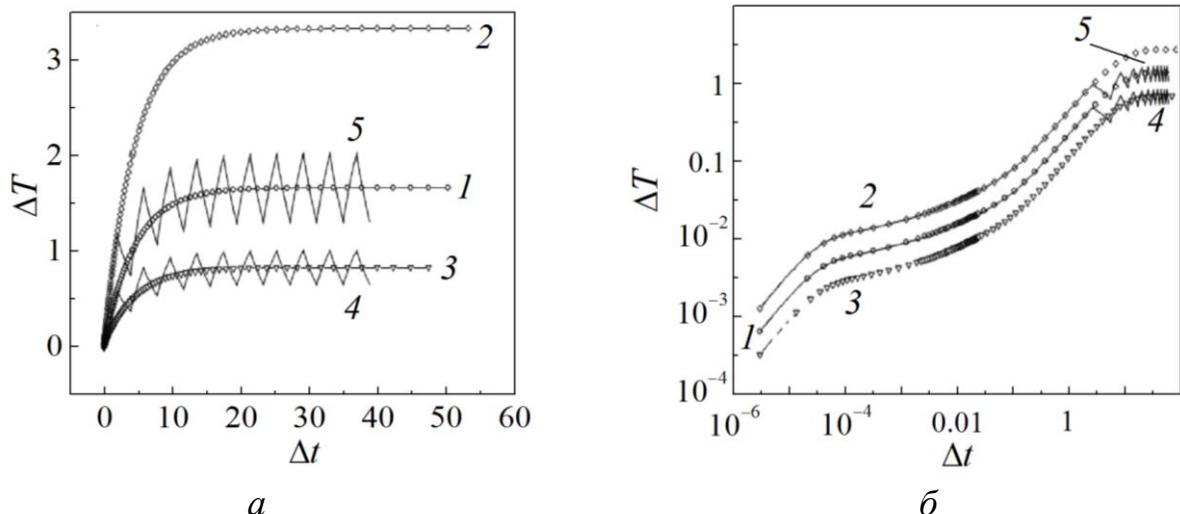


Рис. 1. Расчетные кривые температуры нагрева пленки $\Delta T_f(t)$ в одноимпульсном (кривые 1–3) и многоимпульсном, со скважностью импульсов равной 2, (кривые 4,5) режимах. Для кривых 1–3 мощность нагрева соответствует величине P_0 , $2P_0$ и $P_0/2$. Соответственно для кривых 4 и 5 мощность нагрева равна P_0 и $2P_0$

Как видно на рис. 1а один из эффектов, проявляющихся в режиме последовательности прямоугольных импульсов, заключается в перенормировке данных. В масштабе времени превышающем длительность импульсов «многоимпульсная» кривая колеблется в окрестности «одноимпульсной» кривой половинной мощности $P_0/2$. Эффект понятен. Для относительно коротких импульсов, например, длительностью порядка τ_1 , в тепловом потоке через подложку наличие импульсов не будет проявляться по причине $\tau_1 \ll \tau_2 \ll \tau_3$. Тем не менее, регистрировать этот участок кривой для корректной обработки следует после установления квазистационарного режима теплопереноса через промежуток времени $t \gg \tau_3$. На рис. 1б показан пример использования этого эффекта для сокращения времени регистрации данных в режиме последовательности импульсов мощности. Экспериментальная и расчетная процедура заключается в поддержании мощности облучения на уровне $P_0/2$, а переход в режим последовательности импульсов осуществляется одновременно с увеличением мощности в два раза. Это существенно экономит время счета и, что важно, эксперимента.

Заключение. Поскольку в настоящее время электронная промышленность не выпускает оборудование для контроля ТКК в

пленочных структурах, мы рассматриваем возможность создания таких приборов различной сложности для практического применения.

Список литературы

1. Медведев Ю.В. Диагностика тепловых кинетических коэффициентов для оптимизации характеристик пленочных болометров / Ю.В. Медведев, Ю.М. Николаенко, А.М. Гришин, С.И. Харцев // ЖТФ. – 2002. – Т. 72, №1. – С. 117-124.
2. Николаенко Ю.М. Измерение кинетических тепловых характеристик пленочных структур / Ю.М. Николаенко, Ю.Г. Пашкевич, Р. Lemmens // ПТЭ. – 2002. – №6. – С.133-137.
3. Николаенко Ю.М. Теплопроводность многослойной пленочной структуры на основе $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ / Ю.М. Николаенко, Ю.Е. Кузовлев, Ю.В. Медведев, А.Б. Мухин, А.М. Прудников // ФТВД. – 2012. – Т. 22, № 4. – С. 61–69.
4. Николаенко Ю.М. Конструкционный тепловой материал с низкой теплопроводностью / Ю.М. Николаенко, А.Б. Мухин, Н.Ю. Старостюк, Н.Б. Эфрос, Н.В. Шишкова // Патент на полезную модель. – У100008, от 10.07.2015, опубликовано 10.07.2015, бюл.№13.

УДК 537.9

ВАРИАЦИЯ КИСЛОРОДНОГО СОДЕРЖАНИЯ В НАНОТОЛЩИННЫХ ПЛЕНКАХ $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_{3-\delta}$

Николаенко Ю.М., канд. физ.-мат. наук, **Эфрос Н.Б.**, **Корнеевец А.С.**
ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР
nik@donfti.ru

Известно, что легированные мanganиты допускают вариацию кислородного содержания (КС) по отношению к стехиометрическому составу в достаточно широких пределах, как в сторону недостатка, так и в сторону избытка кислорода. При этом вариация КС рассматривается как важный инструмент управления электрическими и магнитными характеристиками уже готовых образцов, в том числе, в виде epitаксиальных пленок, для которых существует целый ряд актуальных прикладных аспектов. Основная проблема, связанная с развитием методов управления актуальными характеристиками пленок, заключается в отсутствии прямых методов количественного контроля величины кислородного индекса. В частности, контроль КС с помощью энергодисперсионного спектрометра INCA Energy-350, входящего в состав электронного микроскопа JSM-6490 LV, далеко не обеспечивает необходимую точность. Из косвенных методов достаточно высокое разрешение обеспечивает метод, основанный на взаимозависимости КС с температурой двойного фазового перехода (T_C) – магнитного и металл-диэлектрик. При фиксированном уровне легирования материала LSMO пленки ($x=0.3$) метод позволяет подробно

характеризовать вариацию КС величиной кислородного индекса в пределах от $\delta=0,072$ до $\delta=0$. Первоначально этот метод был разработан для монокристаллов, а затем адаптирован авторами работы [1] для контроля КС в пленках на примере пленки толщиной 100 nm. Модификация метода применительно к пленкам заключается во введении количественной поправки, учитывающей заниженные на несколько процентов значения T_C , по сравнению с монокристаллами. Уменьшение величины T_C , в свою очередь, вызвано несоответствием кристаллических параметров материалов пленки и подложки.

Известно, что «растягивающие» и «сжимающие» механические напряжения всегда приводят к снижению T_C [2]. Известно, также, что механические напряжения по толщине пленки распределены неравномерно. Они присутствуют на достаточно больших расстояниях от подложки, до 300 nm, при этом наиболее значительные изменения наблюдаются в непосредственной близости от интерфейса пленка-подложка [3].

Для выяснения особенностей влияния механических напряжений на величину T_C , мы исследовали поведение этого параметра в LSMO пленках ($x=0,2$) различной толщины. Пленки изготовлены dc магнетронным методом.

Изменение КС осуществлялось путем пошаговой термообработки пленочных структур на воздухе. В процессе термообработки величина T_C последовательно растет вследствие изменения КС, достигает максимального значения и, затем, начинает снижаться. Мы характеризуем значение КС, при котором достигается максимальная величина T_C , значением δ_{opt} , т.е. оптимальным значением кислородного индекса. На рис. 1 приведена зависимость параметра $z=x-2\delta_{opt}$ от толщины пленок.

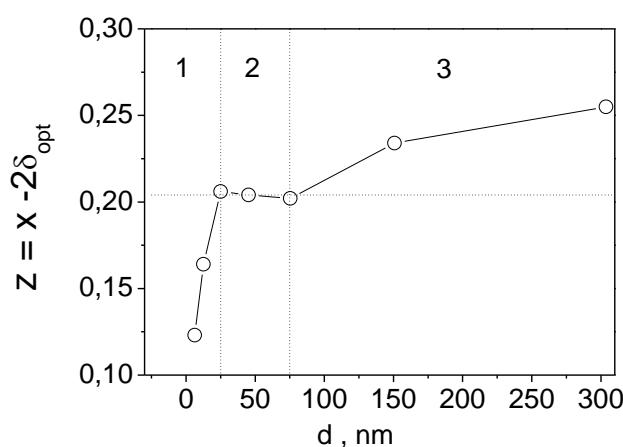


Рис. 1. Зависимость параметра $z=x-2\delta_{opt}$ от толщины пленок

Для пленок, толщиной $d = 25-75$ nm (область 2), максимальное значение T_C достигается при величине $\delta = 0$. При меньшей толщине пленок $d = 6$ nm и 12 nm, (область 1) наблюдаются заниженные значения δ , а в

относительно толстых пленках $d = 151$ nm и 303 nm (область 3), наоборот, завышенные значения T_C соответствующие избыточному КС ($\delta < 0$).

Заниженные значения параметров z и δ в области 1 можно считать плохо определенными по причине недостаточного учета влияния механических напряжений. Завышенные значения z для пленок, толщиной 150 и 303 nm, являются результатом эффекта «самодопирования», т.е. образования вакансий лантана в процессе избыточного окисления. Этот эффект, применительно к нашим пленкам, будет рассмотрен в отдельной работе. Более важный и неожиданный эффект стабилизации КС наблюдается в области 2 и, возможно, 1. Действительно в пленках, толщиной 25-75 nm максимальное значение T_C реализуется после устранения кислородного дефицита и достижения величины КС близкого к стехиометрическому при условии, когда парциальное давление кислорода в газовой среде соответствует избыточному КС [4]. Учитывая еще один факт, связанный с тем, что состояние с избыточным КС реализуется именно при относительно высоких температурах ($T > 973$ K), следует заключить, что теория [4] применительно к пленкам не учитывает важный фактор. Мы пришли к выводу о том, что для проникновения избыточного кислорода с поверхности в объем напряженной пленки существует энергетический барьер, высота которого зависит от величины механических напряжений. Действительно, при наличии такого барьера, вакансии на поверхности пленки будут заполняться из газовой среды за счет процессов адсорбции-десорбции кислорода. Но для образования избыточного КС в приповерхностном слое важную роль должен играть температурный фактор, и при недостаточной температуре содержание кислорода в приповерхностном слое пленки будет стабилизироваться на уровне близком к КС=3. Такая физическая модель объясняет качественные особенности зависимости $z(d)$, приведенной на рис. 1, и количественно согласуется с результатами численного моделирования диффузионных процессов кислорода в исследованных пленках.

Заключение. Установлено, что при термообработке пленочных структур LSMO/NGO на воздухе в относительно тонких пленках ($d < 75$ nm) при относительно невысоких температурах ($T < 973$ K) проявляется эффект стабилизации КС=3, тогда как в пленках большей толщины $d = 150$ - 300 nm при этих условиях реализуется состояние с избыточным содержанием кислорода. Предложена физическая модель, объясняющая эффект стабилизации КС наличием энергетического барьера для встраивания избыточного кислорода в кристаллическую решетку, высота которого зависит от механических напряжений, вызванных рассогласованием кристаллических параметров материалов пленки и подложки.

Список литературы

1. Nikolaenko Yu.M. Non-uniform oxygen diffusion in epitaxial $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_{3-\delta}$ film on SrTiO_3 substrate / Yu.M. Nikolaenko, A.N. Artemov, Yu.V. Medvedev, N.B. Efros,

- I.V. Zhikharev, I.Yu. Reshidova, A.A. Tikhii and S.V. Kara-Murza // J. Phys. D: Appl. Phys. – 2016. – V. 49, № 37. – Art.No 375302. – 7 p.
2. Ovsyannikov G.A. Magnetotransport characteristics of strained $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ epitaxial manganite films / G.A. Ovsyannikov, A.M. Petrzlik, I.V. Borisenko, A.A. Klimov, Yu.A. Ignatov, V.V. Demidov, S.A. Nikitov // JETP. – 2009. – V. 108, № 1. – P. 48–55.
 3. Abrutis A. Magnetoresistant LaSrMnO films by pulsed injection metalorganic chemical vapor deposition: effect of deposition conditions, substrate material and film thickness / A.Abrutis, V.Plausinaitiene, V.Kubilius, A.Teiserskis, Z.Saltyte, R.Butkute, J.P.Senateur // Thin Solid Films. – 2002. – 413. – P. 32–40.
 4. Nakamura K. Excess Oxygen in Low Sr Doping $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3+\delta}$ Epitaxial Films / Keikichi Nakamura, Mingxiang Xu, M. Klaser, G. Linker // Solid State Chem. – 2001. – V. 156, № 1. – P. 143–153.

УДК 537.9

VIRGIN-ЭФФЕКТ И ПРОЦЕССЫ ЗАРОДЫШЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ МАГНИТОСТРУКТУРНОМ ФАЗОВОМ ПЕРЕХОДЕ В МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКОМ СПЛАВЕ $\text{Mn}_{0.89}\text{Cr}_{0.11}\text{NiGe}$

Нырков Н.Ю.^{1,2}, Андрейченко Е.П.¹, Грибанов И.Ф.²

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

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

gribanig@mail.ru

Как известно, сплав $\text{Mn}_{0.89}\text{Cr}_{0.11}\text{NiGe}$ относится к ряду «зеленых» магнитокалорических сплавов системы $\text{Mn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{NiGe}$ ($0 < x < 0,25$), перспективных для использования в магнитных рефрижераторах, работающих в области комнатной температуры [1,2]. Он характеризуется магнитоструктурным фазовым переходом (ФП) 1-го рода из парамагнитной (ПМ) фазы с гексагональной структурой типа Ni_2In в ферромагнитное (ФМ) состояние с орторомбической структурой типа TiNiSi . При этом наблюдаются большие резкие изменения намагниченности и параметров кристаллической решетки, включая объем элементарной ячейки (рис.1 а,б). Особенностью этого перехода является проявление virgin-эффекта, т.е. значительного уменьшения величины гистерезиса на температурных зависимостях намагниченности при втором и последующих циклах охлаждения-нагревания образцов в сравнении с первым циклом (рис.1а). Это явление имеет место в случае существенно большего объема элементарной ячейки низкотемпературной (НТ) фазы в сравнении с объемом высокотемпературной (ВТ) фазы. Настоящая работа посвящена исследованию и качественному объяснению данного феномена в рамках модели стрикционной блокировки зародышей с учетом влияния движения дислокаций.

Virgin – эффект подробно исследовался на примере MnAs и сплавов на его основе, в частности $\text{Mn}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}\text{As}$ [3]. В этих сплавах немного ниже

комнатной температуры реализуется фазовый переход 1-го рода между парамагнитной орторомбической и ферромагнитной гексагональной фазами ПМ(В31)-ФМ(В8₁), причем скачок объема при возникновении ферромагнитного упорядочения превышает 2% (как и в нашем случае, рис.1а). Рис.2а демонстрирует реализацию virgin-эффекта в Mn_{0,99}Fe_{0,01}As. Как видно, магнитное поведение сплавов Mn_{0,89}Cr_{0,11}NiGe и Mn_{0,99}Fe_{0,01}As в циклах охлаждение – нагрев очень похоже. В работе [3] для сплава Mn_{0,99}Fe_{0,01}As было дополнительно изучено влияние размеров монокристаллических образцов указанного состава на ширину гистерезиса температурных зависимостей намагниченности при первом цикле охлаждения – нагревания образцов. Результаты представлены на рис. 2б, откуда следует существование критического размера образца $d_{kp} = 0,3$ мм, ниже которого virgin – эффект в сплаве Mn_{0,99}Fe_{0,01}As не проявляется.

а) б)

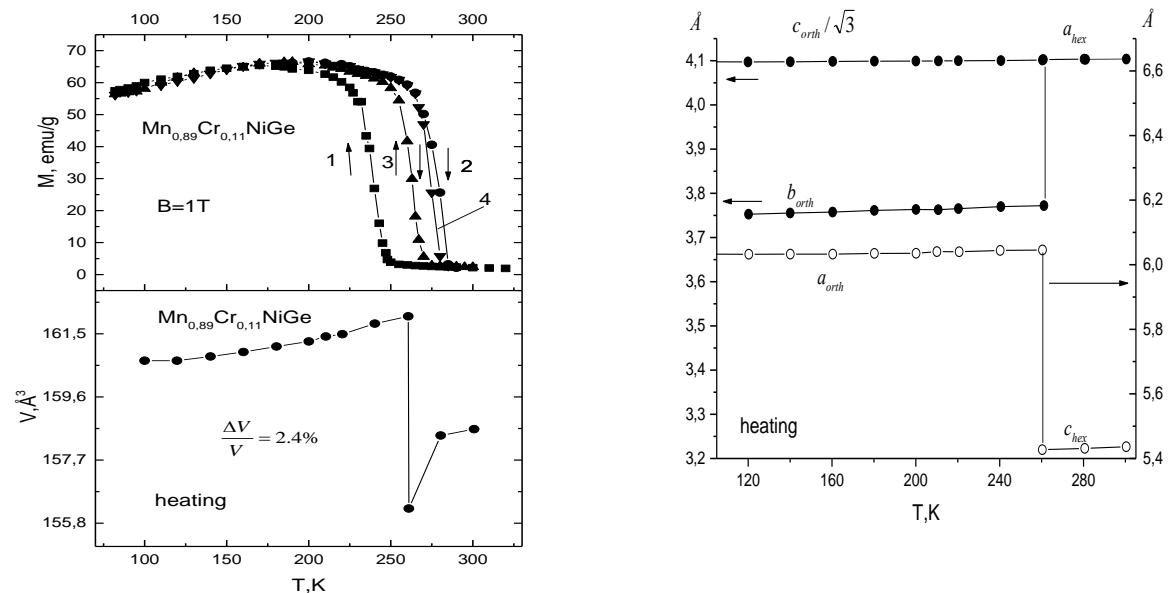


Рис. 1. а) Температурные зависимости намагниченности и объема элементарной ячейки быстроохлажденного сплава Mn_{0,89}Cr_{0,11}NiGe. Кривые M(T) 1,2 соответствуют первому циклу охлаждения – нагрева образца, кривые 3,4 – второму. б) Температурный ход параметров кристаллической решетки указанного образца. Данные, относящиеся к кристаллической решетке, взяты из работы [2]

Сравнение рассмотренных выше примеров реализации ФП 1-го рода между парамагнитным и ферромагнитным состояниями кристаллов приводит к выводу о двух необходимых условиях проявления virgin-эффекта:

- 1) температура ФП, очевидно, должна быть ниже конечной температуры процесса синтеза образцов;
- 2) ключевую роль играет существенное увеличение при ФП объема НТ-фазы в сравнении с объемом ВТ-фазы.

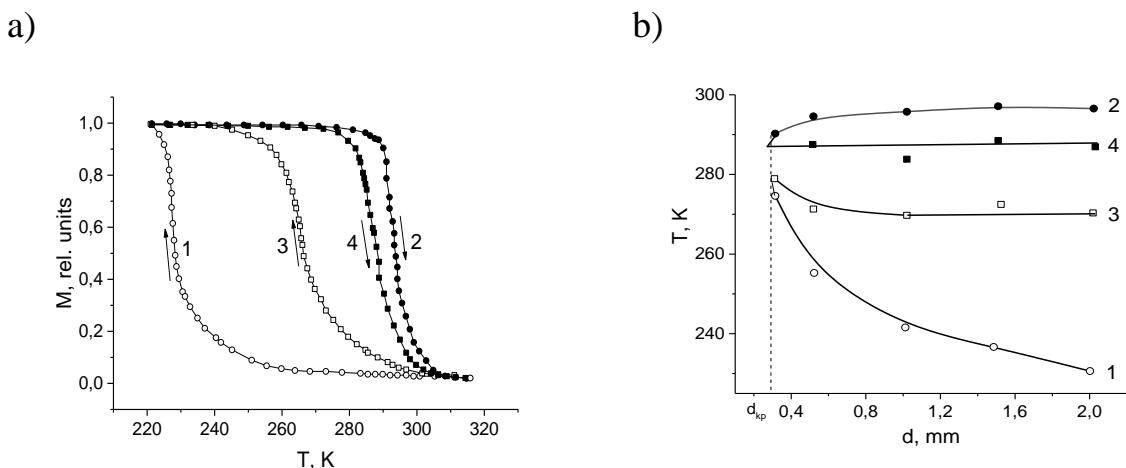


Рис.2. Virgin – эффект (а) и сопутствующий ему размерный эффект (б) в сплаве $\text{Mn}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}\text{As}$ [3]. Кривые 1,2 соответствуют первому циклу охлаждения – нагревания образца, кривые 3,4 – второму. d – линейный размер монокристаллического образца

Особенности ФП с проявлением virgin-эффекта в рассмотренных выше сплавах могут быть обобщены в рамках модели, в основу которой положены три фактора, влияющие на процессы зародышеобразования в кристаллах при ФП 1-го рода [3]:

- 1) фактор струкционной блокировки зародышей, препятствующий их развитию из-за увеличения энергии упругих деформаций кристалла;
- 2) фактор дислокационной разблокировки зародышей, приводящий к частичной релаксации напряжений за счет движения дислокаций и снижающий упругую энергию гетерофазного состояния кристалла;
- 3) фактор запирания дислокаций, вызывающий упрочнение материала в результате образования вокруг зародыша запирающего слоя скопившихся взаимодействующих дислокаций, препятствующего их дальнейшему движению.

Последний фактор обладает размерным эффектом. В образцах, размеры которых d меньше характерных размеров запирающего слоя d_{kp} , дислокации будут выходить за пределы образца, что приведет к резкому увеличению степени релаксации напряжений и деблокировке процесса зарождения новой фазы. Virgin-эффект будет наблюдаться, если начальный размер образца $d > d_{kp}$, но при первом охлаждении он разрушается на блоки размером $d < d_{kp}$ из-за возникающих в процессе ФП напряжений, порождаемых разницей в объемах.

Список литературы

1. Грибанов И.Ф., Головчен А.В., Запорожец В.Д, и др. ФТВД 28, №3,13 (2018).
2. T.Jaworska-Gołęb, S.Baran, R.Duraj, M.Marzec, et al. J. Magn. Magn. Mater. **385**, 1 (2015).
3. Э.А. Завадский, В.И. Каменев, Е.П. Стефановский, А.Л. Сукстанский. ФТВД **4**, №1, 5 (1994).

АКУСТИЧЕСКИ АКТИВНАЯ НЕИДЕАЛЬНАЯ 1D КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СВЕРХРЕШЕТКА

Паладян Ю.А., Федоров С.А., канд. физ.-мат. наук,
Румянцев В.В., д-р физ.-мат. наук, проф.

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР
paladyan0108@yandex.ru

Введение. Исследования распространения звука в веществе, как на макроскопическом, так и на микроскопическом уровнях, составляющие предмет физической акустики, занимают сегодня видное место при решении многих прикладных задач. Таких, например, как снижение уровня нежелательных звуков (борьба с шумом), поиск способов выделения полезных звуковых сигналов, а также решение проблемы акустического обнаружения объектов (эхолот). В связи с этим важное место занимает разработка и совершенствование акустической техники, способной измерять соответствующие физические свойства с помощью звука, и создание новых акустических метаматериалов, позволяющих контролировать распространение звуковых волн в среде.

Особый интерес представляют исследования влияния пространственной дисперсии на распространение акустических возбуждений в нецентросимметричных и гиротропных кристаллических структурах, которая обусловливает акустическую активность (аналогично оптической активности [1]) таких сред. В представленной работе развитый авторами ранее подход в рамках идеологии [1] перенесен на аналогичный расчет такой характеристики акустической активности (АА) несовершенного 1D фононного кристалла, как угол вращения $\varphi(\omega)$ плоскости поляризации акустического возбуждения, распространяющегося в этой среде – системе плоскопараллельных слоев с анизотропными примесными слоями, отличающимися упругими параметрами. Очевидно, что при толщинах слоев многослойника, значительно больших характерных масштабов пространственной дисперсии, расчет соответствующих величин может быть выполнен приближенно, если рассматривать вклад каждого слоя в гиротропию как независимый.

Цель работы – выполнить численное моделирование зависимости угла вращения $\varphi(\omega)$ плоскости поляризации акустического возбуждения, распространяющегося в неидеальной 1D кристаллической сверхрешетке, от концентрации дефектов структуры, связанных с вариацией слоев сверхрешетки как по составу, так и по толщине.

Основная часть. Опираясь на разработанный в [1, 2] подход, рассмотрим подробнее распространение акустического возбуждения вдоль

слоевой акустической оси, перпендикулярной плоскостям слоев исследуемой сверхрешетки. При этом полагаем, что в данной слоистой структуре все акустические оси параллельны друг другу. В соответствии с феноменологическим подходом [1, 2], угол поворота плоскости поляризации акустической волны в неидеальной топологически упорядоченной 1D сверхрешетке, состоящей из N элементарных ячеек, описывается следующим выражением:

$$\varphi(\omega) = \sum_{n=1}^N \sum_{\alpha=1}^{\sigma} \varphi_{n\alpha}(\omega) a_{n\alpha} \quad (1)$$

В (1) $a_{n\alpha}$ и $\varphi_{n\alpha}(\omega)$ – конфигурационно зависимые соответственно, толщина α -го слоя n -й элементарной ячейки и удельный угол вращения плоскости поляризации акустической волны частоты ω , σ – число слоев элементарной ячейки. Полагаем, что количество ячеек N достаточно велико (чтобы можно было проводить конфигурационное усреднение).

После выполнения процедуры [1, 2] конфигурационного усреднения получаем следующее выражение для угла вращения плоскости поляризации упругой волны в неидеальной 1D сверхрешетке:

$$\begin{aligned} \langle \varphi(\omega) \rangle &= N \sum_{\alpha=1}^{\sigma} [\varphi_{\alpha}^{(1)}(\omega) a_{\alpha}^{(1)} + a_{\alpha}^{(1)} \sum_{\mu(\alpha)=1}^{r(\alpha)} \Delta \varphi_{\alpha}^{\mu(\alpha)}(\omega) C_{\alpha C}^{\mu(\alpha)} + \varphi_{\alpha}^{(1)}(\omega) \sum_{\nu(\alpha)=1}^{s(\alpha)} \Delta a_{\alpha}^{\nu(\alpha)} C_{\alpha T}^{\nu(\alpha)} + \\ &+ \sum_{\mu(\alpha)=1}^{r(\alpha)} \sum_{\nu(\alpha)=1}^{s(\alpha)} \Delta \varphi_{\alpha}^{\mu(\alpha)}(\omega) \Delta a_{\alpha}^{\nu(\alpha)} C_{\alpha C}^{\mu(\alpha)} C_{\alpha T}^{\nu(\alpha)}] \end{aligned} \quad (2)$$

$\Delta \varphi_{\alpha}^{\mu(\alpha)} = \varphi_{\alpha}^{\mu(\alpha)} - \varphi_{\alpha}^{(1)}$, $\Delta a_{\alpha}^{\nu(\alpha)} = a_{\alpha}^{\nu(\alpha)} - a_{\alpha}^{(1)}$. $C_{\alpha C}^{\mu(\alpha)}$, $C_{\alpha T}^{\nu(\alpha)}$ – концентрации дефектов-слоев, отличных от слоев базового вещества по составу и толщине соответственно. Первое слагаемое в (2) соответствует углу вращения плоскости поляризации акустической волны идеальной 1D-сверхрешетки, составленной из слоев (1)-го сорта (это вещество полагаем базовым). Второе слагаемое обусловлено разупорядочением сверхрешетки по составу – оно обращается в нуль при отсутствии вариации состава. Третье слагаемое отражает разупорядочение по толщине (при его отсутствии это слагаемое обращается в нуль). Четвертое слагаемое обусловлено одновременным разупорядочением сверхрешетки и по составу, и по толщине слоев. Отсутствие хотя бы одного из разупорядочений приводит к обращению в нуль четвертого слагаемого (2). Каждое из четырех слагаемых (2) имеет смысл угла вращения, приходящегося на одну элементарную ячейку. Эти углы, в отличие от $\varphi_{n\alpha}^{\mu(\alpha), \nu(\alpha)}$ (который измеряется в единицах град./ед. длины) имеют размерность «градус».

Рассмотрим конкретную модельную двухподрешеточную систему, состоящую из слоев парателлурита (первая подрешетка) и слоев α -кварца – вторая подрешетка, которая варьируется как по составу (с замещением на слои парателлурита, концентрация такого рода дефектов C_C), так и по

толщине (концентрация таких дефектов C_T). Полагаем, что в идеальном случае толщина слоев обеих подрешеток одинаковая. Учтем также, что удельное вращение плоскости поляризации упругой волны $\varphi_1^{(1)} = \varphi_2^{(2)}$ в направлении акустической оси в слоях парателлурита составляет 913 град/см при 30 МГц, что более чем в 8 000 раз превышает ту же величину в слоях α -кварца в направлении оси [3, 4], благодаря более сильной анизотропии упругих свойств и меньшей скорости упругих волн в кристалле парателлурита [3] по сравнению с кварцем. Отсюда следует, что в выражении (2) $\Delta\varphi_1^{(1)} = 0$, $\Delta\varphi_2^{(1)} = 0$, $\Delta\varphi_2^{(2)} = \varphi_2^{(2)} - \varphi_2^{(1)} \approx \varphi_2^{(2)}$. В результате несложных расчетов получена приведенная на Рис.1. концентрационная зависимость угла вращения плоскости поляризации упругой волны в исследуемой неидеальной 1D сверхрешетке.

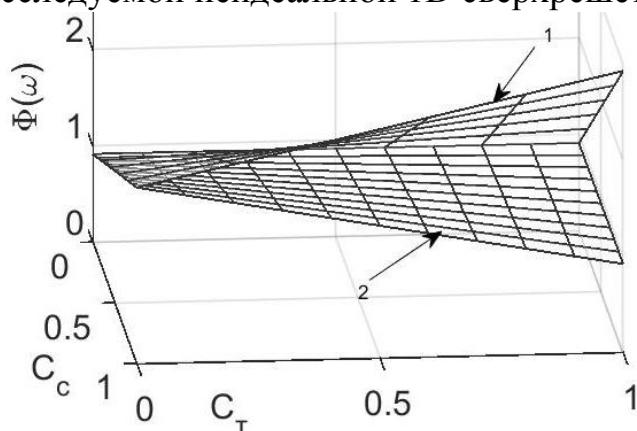


Рис. 1. Концентрационная зависимость угла вращения плоскости поляризации упругой волны в неидеальной 1D сверхрешетке:
 1) – $a_2^{(2)} / a_1^{(1)} - a_2^{(1)} / a_1^{(1)} > 0$,
 2) – $a_2^{(2)} / a_1^{(1)} - a_2^{(1)} / a_1^{(1)} < 0$

Заключение. Полученное в работе выражение для $\Phi(\omega)$ позволяет осуществлять численное моделирование концентрационной зависимости акустической активности одномерных фононных неидеальных систем.

Список литературы

1. Румянцев В.В. Оптическая активность диэлектрических сверхрешеток с дефектами / В.В. Румянцев, С.А. Федоров, К.В. Гуменник // Оптика и спектроскопия. – 2011. – Т. 110, №5. – С. 799-805.
2. Румянцев В.В. Численное моделирование акустических возбуждений в неидеальной 1D сверхрешетке / В.В. Румянцев, С.А. Федоров, К.В. Гуменник // Акустический журнал. – 2014. – Т.60, №3. – С. 327
3. Крячко А.Ф. Акустическая активность в кристалле парателлурита / А.Ф. Крячко, А.Р. Бестужин, О.В. Шакин // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. – 2017. – Т. 4. – С.12-14.
4. Pine A.S. Linear wave-vector dispersion of the shear-wave velocity in α -quartz / A.S. Pine // J. Acoustic Soc. Am. – 1971. – V. 49. – P. 1026-1029.

ЭНЕРГИЯ НУЛЕВЫХ КОЛЕБАНИЙ ТЯЖЕЛЫХ КРИСТАЛЛОВ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ

*Пилипенко Е.А.*¹, канд. физ.-мат. наук,
*Горбенко Е.Е.*², канд. физ.-мат. наук, доцент

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

² ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет»,
г. Луганск, ЛНР

pilipenko.katerina@mail.ru

Кристаллы инертных газов (КИГ) (кроме Не) образуют ГЦК структуру с одним атомом в элементарной ячейке. Они являются простейшими молекулярными кристаллами, которые удерживаются сравнительно слабыми силами Ван-дер-Ваальса. Благодаря этому КИГ часто используют в качестве стандартных тестовых объектов во многих теоретических исследованиях (см., например, [1] и ссылки там).

Основная тенденция современных работ по *ab initio* расчетам на основе теории функционала плотности (density functional theory – DFT) заключается в стремлении как можно более точно описать слабосвязанные молекулярные комплексы системы инертных газов, видоизменяя обменно-корреляционный потенциал. В качестве тестовых величин часто выбирают энергию связи, постоянную решетки и объемный модуль [2]. Предполагается, что увеличение плотности заряда в результате сжатия приведет к улучшению используемых приближений. Наиболее адекватные результаты будут получаться для тяжелых КИГ (в то время, как кристаллический Не будет описываться наименее точно, как показано в работе [3]). По мнению авторов [4] это связано с тем, что DFT не способна рассчитать с достаточной точностью два вида дисперсионных сил: дальнодействующее взаимодействие Ван-дер-Ваальса и эффекты перекрытия в короткодействующем потенциале отталкивания.

В работе [4], используя квантово-теоретический метод, проводились исследования роли парных, трехчастичных сил, эффектов энергии нулевых колебаний и ангармонизма на уравнение состояния сжатого Не. Количественный анализ показал, что наибольшее влияние, независимо от давления, имеют парные силы. При этом учет трехчастичного взаимодействия становится наиболее важным при высоких давлениях, а в области низкого давления доминируют энергии нулевых колебаний.

В связи с этим важно рассчитать энергию нулевых колебаний из первых принципов в едином подходе, позволяющем получить как многочастичное взаимодействие в короткодействующем потенциале отталкивания, так и дальнодействующее взаимодействие Ван-дер-Ваальса (потенциал притяжения), которое представляет собой результат взаимного деформирующего и поляризующего действия атомов друг на друга.

В настоящей работе на основе полученной ранее динамической матрицы [5], рассчитана энергия нулевых колебаний с учетом трехчастичного взаимодействия и деформации электронных оболочек атома дипольного типа в парном и трехчастичном приближениях в широком интервале давлений для тяжелых КИГ.

В гармоническом приближении энергия связи E_{coh} фононов имеет вид:

$$E_{coh} = E_{zp} + E^* = \frac{N_A \Omega}{(2\pi)^3} \sum_{\lambda} \int d^3 k \hbar \omega_{\lambda}(k) \left[\frac{1}{2} + n_{\lambda}(k) \right], \quad (1)$$

где $n_{\lambda}(k) = [\exp(\hbar \omega_{\lambda}(k) / k_B T) - 1]^{-1}$, E_{zp} – энергия нулевых колебаний (ей соответствует слагаемое $\frac{1}{2}$ в скобках в (1); $\Omega = 2a^3$ – объем элементарной ячейки КИГ в ГЦК-фазе).

Для вычисления интегралов по зоне Бриллюэна использован метод Чади-Коэна [6], сущность которого состоит в замене интеграла по зоне Бриллюэна суммой значений подынтегральной функции с соответствующими весами в особых точках (точках главного значения), найденных теоретико-групповыми методами [7].

В работе [6] авторы предложили метод генерирования этих точек на основе двух точек главного значения \mathbf{k}_1 и \mathbf{k}_2 для определения функции $f(k)$

$$f(\mathbf{k}) = \frac{1}{4} [3f(\mathbf{k}_1) + f(\mathbf{k}_2)], \quad \mathbf{k}_1 = \left[\frac{3}{4}; \frac{1}{4}; \frac{1}{4} \right], \quad \mathbf{k}_2 = \left[\frac{1}{4}; \frac{1}{4}; \frac{1}{4} \right]. \quad (2)$$

Тогда энергия нулевых колебаний, рассчитанная методом Чади-Коэна с использованием двухточечной схемы (2), будет иметь вид

$$E_{zp} = \frac{1}{2} \left[\frac{3}{4} \sum_{\lambda} \hbar \omega_{\lambda}(\mathbf{k}_1) + \frac{1}{4} \sum_{\lambda} \hbar \omega_{\lambda}(\mathbf{k}_2) \right]. \quad (3)$$

На рисунке представлена энергия нулевых колебаний E_{zp} для Kr и Xe рассчитанная по двухточечной схеме Чади-Коэна (3) в моделях МТ₂ (учитываются трехчастичные силы за счет перекрытия электронных оболочек и деформация электронных оболочек атомов дипольного типа в парном и трехчастичном приближениях) и МТ₀ (учитывается трехчастичное взаимодействие за счет перекрытия электронных оболочек и не учитывается деформация электронных оболочек атома) при различных степенях сжатия. Видно, что наибольшее различие между моделями наблюдается для кристаллического Kr и проявляется при сжатии $u > 0.5$. Для Xe оно незначительно для всего интервала сжатий.

К сожалению, нам известны экспериментальные значения энергии нулевых колебаний E_{zp} для Kr только при $p=0$ [8]. Погрешность наших расчетов E_{zp} в модели МТ₂ ($E_{zp}=72,64\text{K}$) по сравнению с экспериментальным значением ($E_{zp}=67,4 \pm 3\text{K}$ [8]) составляет $\gamma=7.77\%$, хотя нужно учесть, что погрешность эксперимента составляет 4 %. Авторами работы [9] была рассчитана энергия нулевых колебаний для всего ряда Ne–Xe в модели Дебая по формуле $(9/8)k_B T_{Debye}$. Наименьшая погрешность с

экспериментом получена для Ne ($E_{zp}=84.312$ К) и составляет $\gamma \approx 7\%$, т.е. гораздо хуже согласуется с экспериментом, чем наши значения.

Наилучшие значения E_{zp} получены нами в модели MT₂, где учтены трехчастичное взаимодействие и деформация электронных оболочек атома дипольного типа в парном и трехчастичном приближениях.

В классической версии теории Толпыго [10] при $p=0$ энергия нулевых колебаний для Kr $E_{zp}=79.2$ К, при этом погрешность с экспериментом составляет $\gamma = 3.1\%$. Сравнение с нашими результатами в модели MT₂ дает следующие погрешности: для Kr $\gamma=4.5\%$ и для Xe $\gamma=0.12\%$.

Таким образом, полученные нами результаты расчета E_{zp} с учетом трехчастичных сил и деформации электронных оболочек атомов дипольного типа в парном и трехчастичном приближении удовлетворительно согласуются с экспериментом и очень близки к результатам расчета в классической модели Толпыго.

Список литературы

1. F. Tran, L. Kalantari, B. Traoré, X. Rocquefelte, and P. Blaha Phys. Rev. Materials 3, 063602 (2019).
2. T. Bucko, J. Hafner, S. Lebegue, J. Angyan. J.Phys.Chem. A 114, 11814 (2010).
3. M.G. Medvedev, I. S. Bushmarinov, J. Sun, J. P. Perdew, K. A. Lyssenko, Science 355, 49 (2017).
4. P. Schwerdtfeger, Andreas Hermann Phys. Rev B 80, 064106 (2009).
5. Е.П. Троицкая, Е.А. Пилипенко, Е.Е. Горбенко. ФТТ 61, 1890 (2019).
6. D.J. Chadi and M.L. Cohen, Phys. Rev. B 8, 5747 (1973).
7. A. Baldereschi, Phys. Rev. B 7, 5212 (1973).
8. R. H. Beaumont, H. Chihara, J. A. Morrison, Proc. Phys. Soc. 78, 506, 1462 (1961).
9. K. Rosciszewski, B. Paulus, P. Fulde, and H. Stoll, Phys. Rev. B60, 7905 (1999).
10. Е.В. Зароченцев, К.Б. Толпыго, Е.П. Троицкая. ФНТ 5, 11, 1324, (1979).

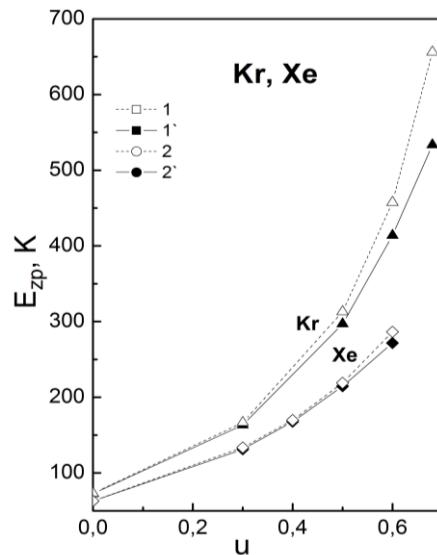


Рис. Энергия нулевых колебаний E_{zp} в зависимости от сжатия u для Kr (1) и Xe (2). 1,2 – расчет E_{zp} в модели MT₀; 1',2' – E_{zp} в модели MT₂

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В ПЛЁНКАХ $CN_x:Eu_yO_z$, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ПОМОЩИ DC-МАГНЕТРОНА

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

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

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

Одна из передовых задач современной науки – это разработка способов получения материалов с наперёд заданными свойствами. Не исключением являются и люминесцентные материалы, которые находят широкое применение во многих сферах нашей жизнедеятельности. [1-3]

Получать такие материалы сложно, и в качестве приборов, позволяющих частично решать эти проблемы, может выступать DC-магнетрон, который может синтезировать материалы сложного химического состава и структуры. Путём вариации параметров его работы возможно получать плёнки с необходимой, наперёд заданной нано- и макроструктурой, что определяется его особенностью – кластерным распылением мишени.

С помощью DC-магнетрона были получены плёнки нитрида углерода, легированные оксидом европия в процессе роста – $CN_x:Eu_yO_z$, при различных параметрах работы магнетрона. У полученных серий образцов были измерены спектры люминесценции.

Для измерений спектров люминесценции была собрана установка, состоящая из регистрирующей ФЭУ, лампы ДРТ-240, монохроматоров МДР-2, фокусирующей оптики, самописцев и блоков питания. Длина волны активации трёхвалентных ионов европия была 266 нм.

Люминесценция в образцах проявилась в качестве полосы, пик которой близок переходу $^5D_0 \rightarrow ^7F_2$. Это связано с аморфностью структуры матрицы, из-за чего центры люминесценции оказались неупорядоченно расположены в пленке, и структура их лигандного окружения хаотична.

При изменении параметров получения плёнок, которое ведёт к появлению наноструктурных элементов плёнки, их упорядочиванию, что в свою очередь приводит к уменьшению рассеяния энергии в матрице, увеличению количества энергии, попадающей на оптические центры и переносу энергии от одних оптических центров к другим, в спектрах люминесценции появляются дополнительные полосы.

При этом наблюдается небольшой сдвиг пиков отдельных полос люминесценции. Это свидетельствует о том, что структура люминесцирующего центра и его ближайшее лигандное окружение, которое отвечает за смешение состояний разной чётности, всё-таки имеет неоднородности.

Исходя из анализа полученных спектров, можно сделать вывод, что изменения параметры получения пленок при помощи DC-магнетрона можно добиться изменения характеристик спектров люминесценции.

Увеличение однородности и уменьшение размеров наноструктурных элементов плёнки должно приводить к однородному окружению люминесцентных центров, как результат наличие отдельных электронных переходов в спектре люминесценции и однородность процессов энергетического обмена между матрицей и ионом европия, что должно вызывать рост яркости люминесценции плёнок.

Список литературы

1. 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.
2. 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, А.А. Павелко // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля: Международная научно-практическая конференция «Открытые физические чтения – 2017». – Луганск, 2017. – С. 123.
3. Шемченко Е.И. Люминесценция и модель роста наноколониарных плёнок $CN_x:Eu_yO_z$, полученных на магнетроне постоянного тока / Е.И. Шемченко, В.И. Кириченко, А.Н. Гангало // ФТВД. – 2017. – №2. – С. 26.

УДК 533.922; 533.924; 539.234; 67.02

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПЛЁНОК $CN_x:Eu_yO_z$, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ПОМОЗИ DC-МАГНЕТРОНА, МЕТОДАМИ АСМ

***Роменский А.М.¹, Петренко А.Г.¹, д-р физ.-мат. наук, проф.,
Шемченко Е.И.²***

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

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

Развитие современных технологий предъявляет высокие требования к научным разработкам, в особенности для наноразмерных структур. Это связано, по большой части, с прогрессом вычислительной техники, где уменьшение размеров устройств увеличивает быстродействие и уменьшает потребляемую энергию. Одну из ведущих ролей в качестве строительных блоков электроники играют углеродные нанотрубки с их высокими электронными и механическими свойствами.

Углеродные нанотрубки (УНТ) являются уникальными системами. Их нанометровый диаметр и микронная длина указывают на то, что они наиболее близки по своей структуре к идеальным одномерным системам.

В настоящее время среди всех наноразмерных систем особое внимание уделяется наноструктурам, легированным редкоземельными ионами. Особенно перспективны легированные углеродные наноколлонарные массивы [1-3], 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. Кроме того, редкоземельные металлы при взаимодействии с углеродом могут положительно влиять на образование наноструктуры в материале.

Электронная микроскопия является одним из наиболее эффективных способов исследования наноструктурных материалов. Он позволяет визуализировать получаемые объекты, изучить морфологию поверхности и ее изменения, а также нанороструктуру пленок. В данной работе был проанализировано изображение пленки $CN_x:Eu_yO_z$, полученный с помощью сканирующего электронного микроскопа, рис.1:

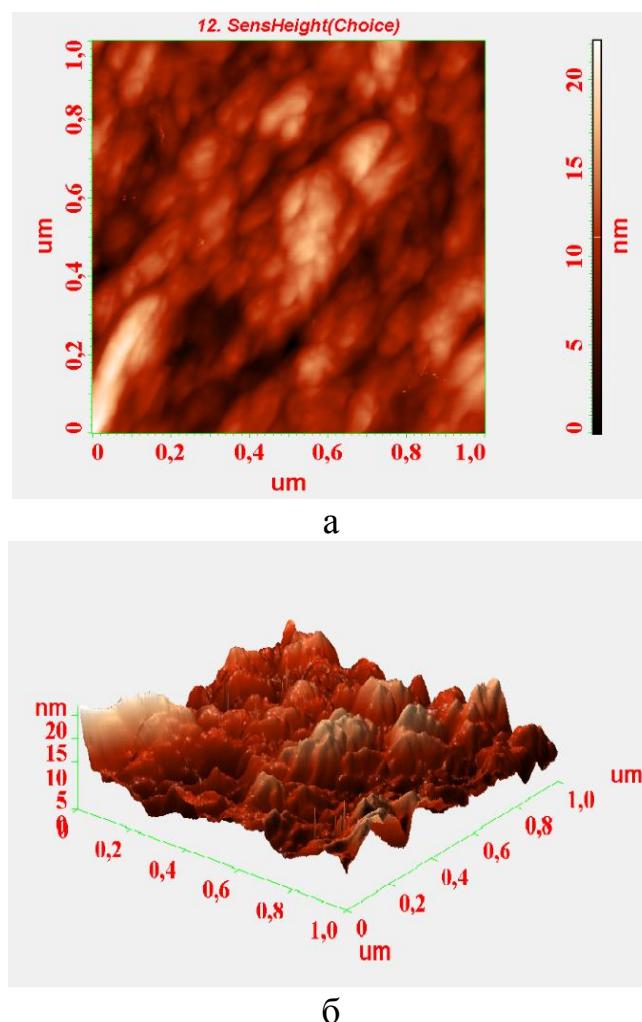


Рис. 1. Изображение пленки $CN_x:Eu_yO_z$: а – 2D, б – 3D

Анализ полученных изображений проводился с помощью программы Image Analysis, предназначенной для обработки цифровых изображений, полученных с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Для анализа характеристик неоднородностей на образце, зёрен, используется опция Grain Analysis. В результате работы программы было вычислено 39 зерен, рис. 2:

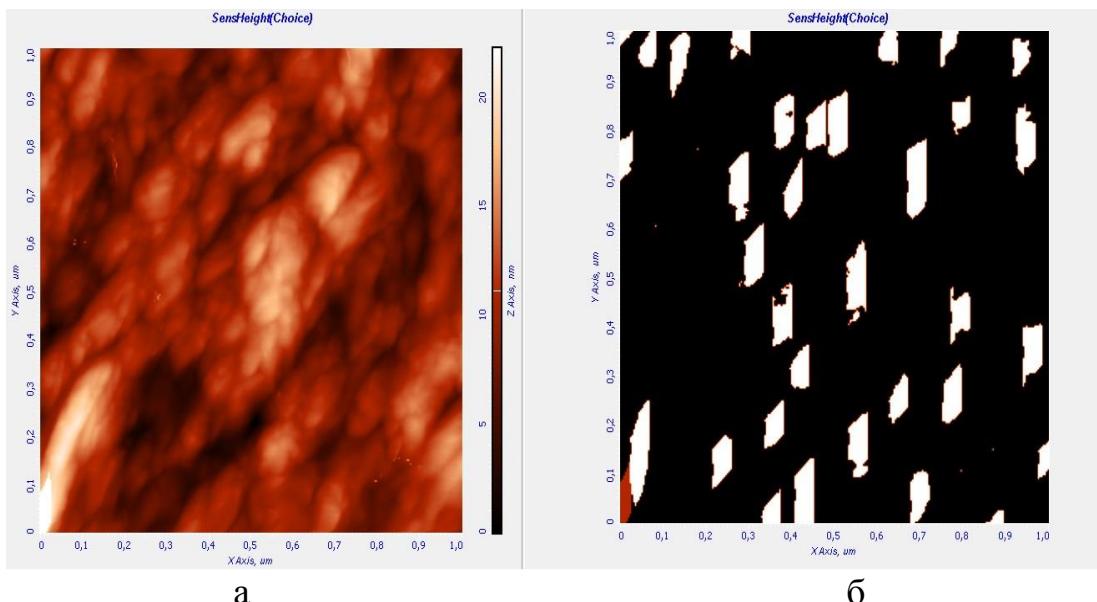


Рис. 2. Изображение пленки $\text{CN}_x:\text{Eu}_y\text{O}_z$ в результате обработки в программе Image Analysis с помощью Grain Analysis

где зерно – это неоднородность, окружённая высокодефектными высокоугловыми границами в материале. Для этих зерен были найдены геометрические параметры, а так же их усреднённые величины и стандартные отклонения.

Было определено, что высота зёрен колеблется преимущественно от 40 до 70 нм, а диаметр от 2 до 5 нм., что хорошо соответствует многослойным нанотрубкам [2]. Также были обнаружены зёрна с размером, соответствующий диаметру трубки порядка 2 нм. Исходя из этого, можно предположить, что они зависят от более тонких трубок с меньшим количеством слоёв в стенке, которые ещё не сформировались полностью.

Суммируя эти факты, можно предложить следующий механизм формирования углеродных нанотрубок: нанотрубки начинают формироваться на поверхности плёнки в виде коротких, возможно однослойных трубок. При продолжении процесса напыления трубки одновременно формируют параллельные слои в стенке, становясь многослойными, и при этом увеличивают высоту. Оба эти процесса идут параллельно. Также в процессе дальнейшего роста трубки сливаются в единую плёнку, формируя массив, что также хорошо согласуется с литературными данными [2-3].

Также необходимо учитывать, что изображения получены с маленькой площади образца, и для репрезентативного статистического анализа морфологии поверхности с выводами о механизме роста наноструктурных элементов, недостаточно информативны. Другими словами, необходимо получить изображения большой площади. Если это технически невозможно, то тогда необходимо снять несколько таких участков в различных частях пленки, и просуммировать полученные данные.

Список литературы

1. 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, А.А. Павелко // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля: Международная научно-практическая конференция «Открытые физические чтения – 2017». – Луганск, 2017. – С. 123.
2. Шемченко Е.И. Исследование зависимости размеров наноструктуры пленок нитрида углерода, легированных оксидом европия в процессе роста, от параметров получения. / Е.И. Шемченко, А.Г. Петренко, И.Я. Лихтенштейн // Вестник Луганского национального университета им. В. Даля. – 2018. – №5. – С. 151-154.
3. Shemchenko E.I. Formation of Nanocolumnar Structures under Magnetron Growth of Europium-oxide-doped Carbon nitride Films / E.I. Shemchenko, K.V. Gumenniyk, V.V. Rumyantsev // Journal of Nanoscience with Advanced Technology. – 2015. – №1. – С.1.

УДК 539.2

ЗАВИСИМОСТЬ УДЕЛЬНОГО УГЛА ВРАЩЕНИЯ ПЛОСКОСТИ ПОЛИРИЗАЦИИ СВЕТА В НЕИДЕАЛЬНОЙ РЕШЕТКЕ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ДЕФЕКТОВ СТРУКТУРЫ

*Рыбалка А.Е., Федоров С.А., канд. физ.-мат. наук,
Румянцев В.В., д-р. физ.-мат. наук, проф.*

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР
rybalka96@inbox.ru

Введение. В настоящее время имеется большое количество сложных органических комплексов и полимеров, которые являются оптически активными вследствие особенностей структуры или оптической активности входящих в их состав молекул [1, 2]. Значительное число работ [3-8] посвящено исследованиям оптических свойств идеальных и неидеальных кристаллических систем, в том числе на основе полимеров и жидких кристаллов [9]. Особый интерес к исследованию этих объектов обусловлен их высокой чувствительностью к внешним полям и сильной анизотропией диэлектрической проницаемости. Разработанная в [9] методика учета особенностей концентрационной зависимости показателя преломления света неидеальной лиотропной ламеллярной системой

оказывается полезной при моделировании композитных материалов на основе жидких кристаллов с заданными параметрами (без учета пространственной дисперсии). В то же время, учет пространственной дисперсии дает возможность расширить спектр изучаемых явлений и рассматривать такие эффекты, как естественная оптическая активность, электротриггеризация, круговой дихроизм и т. п. Изучение дисперсии гиротропных характеристик позволяет выявлять структурные особенности соответствующих сред, определять важные динамические параметры образующих их молекул [10], а также помогает учитывать эффекты пространственной дисперсии в поляризационных измерениях спектральных характеристик нелинейных оптических процессов. Кроме того, гиротропия часто является единственным возможным способом определения некоторых стерео- и кристаллохимических параметров, а также тонких деталей строения соответствующих пространственно диспергирующих структур. Важной характеристикой многих биологических систем является молекулярная хиральность, представляющая интерес для биохимических и фармакологических исследований. Примерами таких хиральных систем могут служить аминокислоты, сахара, белки и ферменты. В то время как биомолекулы, в основном, были изучены в растворах, большое значение в фармацевтике имеет изучение свойства их твердотельной фазы. Особый интерес представляют также случаи, когда молекулы теряют оптическую активность в растворе, но приобретают ее вновь в твердой фазе.

Поскольку кристаллические системы всегда содержат дефекты, то интерпретация экспериментальных данных и выявление соответствующих механизмов гиротропии, а также понимание их особенностей требуют развития микротеории, учитывающей указанные несовершенства. В работе [11] представлен теоретический базис для численного моделирования особенностей естественной оптической активности (EOA) и ее частотной дисперсии в экситонной области энергетического спектра молекулярных кристаллов, содержащих точечные дефекты (примеси замещения, ваканции). Ниже приведены полученные на основе этой теории результаты исследований зависимости удельного угла вращения плоскости поляризации света в неидеальной кристаллической решетке от концентрации структурных дефектов.

Основная часть. Одним из важных проявлений пространственной дисперсии молекулярных систем является эффект вращения плоскости поляризации света при прохождении его сквозь такую среду. В частности, значительный интерес представляет изучение зависимости удельного угла вращения $\rho(\vec{s}, \omega, \left\{ C_{\alpha}^{\nu(\alpha)} \right\})$ плоскости поляризации света, проходящего через неидеальный кристаллический массив, от концентраций $C_{\alpha}^{\nu(\alpha)}$ точечных дефектов ($\nu(\alpha)$ – номер сорта дефекта в α -й подрешетке) в различных частотных областях. Ниже такая зависимость проиллюстрирована на

примере молекулярных кристаллов с примитивной решеткой, в качестве точечных дефектов содержащих одни вакансии. Для такой системы вращательная способность в одноузельном приближении (см. формулу (15) в [11]) в экситонной области энергетического спектра кристалла в одноуровневой модели описывается соотношением:

$$\rho(\vec{s}, \omega, C^\nu) = i \frac{4\pi}{v_0 \hbar c^2} s^t Q^{tl} [\vec{s} \times \vec{P}] \frac{\hbar^2 \omega^2 (1 - C^\nu)}{l \hbar^2 \omega^2 - E_0^2 - 2E_0 W(\vec{s})(1 - C^\nu)}. \quad (1)$$

Здесь E_0 и $W(\vec{s})$ соответственно энергия возбуждения молекулы и Фурье-образ матрицы резонансного межмолекулярного взаимодействия в идеальном кристалле, \vec{s}, ω – соответственно единичный вектор направления распространения электромагнитной волны и ее частота, \vec{P} – матричный элемент оператора дипольного момента молекулы, Q^{tl} – матричный элемент производной от Фурье-образа оператора плотности тока (см. формулу (6) в [11]).

Из соотношения (1) следует, что для рассматриваемых систем имеются две частотные области, которым соответствуют существенно различные зависимости вращательной способности от концентрации C^ν вакансий. Графики указанных зависимостей для $\hbar\omega_1 = 3.63 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-1}$ и $\hbar\omega_2 = 4.00 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-1}$ изображены (в относительных единицах) на рис. 1.

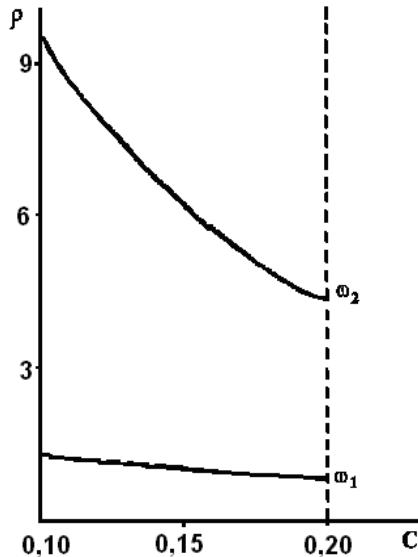


Рис. 1. Концентрационная зависимость вращательной способности для двух частотных областей

В расчетах использовались характерные значения величин E_0 и $W(\vec{s})$ соответственно $3 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-1}$ и $0.7 \cdot 10^4 \text{ cm}^{-1}$. Из рис. 1 видно, что в первой частотной области оптическая активность менее чувствительна к изменению концентрации вакансий, чем во второй. Такое поведение вращательной способности связано с перенормировкой экситонной

энергии и ее зависимостью от C^V . Относительно широкая по сравнению с $\rho(\vec{s}, \omega_2, C^V = 0)$, область значений $\rho(\vec{s}, \omega_2, C^V)$ указывает на возможность значительных изменений ЕОА, связанных с наличием вакансий.

Очевидно, что в случае систем со сложной решеткой имеется больше, чем в рассмотренном примере, частотных областей, для которых зависимости вращательной способности от $C_\alpha^{V(\alpha)}$ качественно отличаются друг от друга. Из [11] следует, что выше приведенное микроскопическое рассмотрение ЕОА легко обобщить на случай смешанных и ориентационно-разупорядоченных систем с вакансиями.

Заключение. Выполненное в работе в рамках приближения виртуального кристалла исследование особенностей зависимости удельного угла вращения плоскости поляризации света в неидеальной кристаллической решетке от концентрации структурных дефектов может служить основой для дальнейшего изучения поведения кристаллических систем с более сложной структурой, а также при наличии внешнего воздействия. Представляет интерес изучение индуцированной внешними электрическими, магнитными полями и механическими напряжениями гиротропии. Понимание гиротропных свойств органических молекулярных кристаллов и кристаллических комплексов является важным аспектом исследования их взаимодействия с электромагнитным излучением. Особый интерес при этом представляют низкоразмерные структуры и сверхрешетки. Кроме того, изучение гиротропии кристаллических объектов оказывается полезным при исследовании органических объектов (в том числе биологических), имеющих вообще какую-либо упорядоченность.

Авторы надеются, что эта работа стимулирует интерес к экспериментальным исследованиям рассмотренного круга проблем.

Список литературы

1. Ryan A.J., Jones R.A.L, Polymers: the quest for motility // Materials Today. – 2008. – V. 11. – N 7-8. – P.21-23.
2. Chun Zhang, Hirt D.E. Layer-by-layer self-assembly of ... patterning flexible substrates // Polymer. – 2007. – V.48, N 23. – P. 6748-6754.
3. Pucci A., Bizzarri R., Ruggeri G. Polymer composites with smart optical properties // Soft Matter. – 2011. – V. 7. – P. 3689-3700.
4. Rhee H., Choi J-H., Cho M. Infrared optical activity: Electric field approaches in time domain. // Acc. Chem. Res. – 2010. – V.43. – P. 1527-1536.
5. Choi J.-H., Cheon S., Lee H., Cho M. Two-dimensional nonlinear optical activity spectroscopy of coupled multi-chromophore system // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2008. – V. 10. – P. 3839-3856.
6. Rumyantsev V.V., Fedorov S.A., Gumennik K.V. Theory of Optically Active Imperfect Composite Materials. Selected Topics. – Colne: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 52 p.
7. Jeon J., Yang S., Choi J-H., Cho M., Computational Vibrational Spectroscopy of Peptides and Proteins in One and Two Dimensions // Acc. Chem. Res. – 2009. – V.42, N 9. – P.1280-1289.

8. Румянцев В.В. Взаимодействие электромагнитного излучения и легких частиц с несовершенными кристаллическими средами. – Донецк: Норд-Пресс, 2006. – 347 с.
9. Румянцев В.В., Федоров С.А., Гуменник К.В. Оптическая активность неидеальных ЖК сверхрешеток // Жидкие кристаллы. – 2009. – Вып. 3. – С. 55–60.
10. Кизель В.А., Бурков В.И. Гиротропия кристаллов. – М.: Наука 1980. – 304с.
11. Рыбалка А.Е., Румянцев В.В., Федоров С.А. Дисперсия оптической активности неидеальных молекулярных кристаллов // Мониторинг. Наука и технологии. – 2020. – Т. 44, № 2. – С. 79–86.

УДК 538.9;539.26

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В КОМПОЗИТЕ Cu-NbTi ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПАКЕТНОЙ ГИДРОЭКСТРУЗИИ

Самойленко З.А.¹, д-р физ.-мат. наук,

Ивахненко Н.Н.^{1,2}, канд. физ.-мат. наук, доц.,

Белоусов Н.Н.¹, канд. физ.-мат. наук,

Пущенко Е.И.¹, Бадекин М.Ю.², Чернявская Н.В.¹

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

²ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики

и торговли им. М. Туган-Барановского», г. Донецк, ДНР

yulduz19.77@mail.ru

Введение. Особый интерес в плане субструктурного упрочнения представляют композиции с упрочняющей фазой из сплава Cu-NbTi. Прочность NbTi волокон может достигать высоких значений. Такое состояние обеспечивает наноструктура, сформированная в процессе интенсивной пластической деформации сплава совместно с его многостадийной термической обработкой. После многократных циклов термообработок и деформирования сплава удается выделить достаточное количество α -Ti-фазы с поперечным размером 70...160 нм. Для дальнейшего измельчения гетерофазной структуры и повышения плотности критического тока NbTi-сверхпроводник волочат с коэффициентом обжатия ~ 100 . При этом α -Ti-частицы уплощаются вплоть до толщин 1...5 нм [1].

Основная часть. Таким образом, упрочняющее волокно композиции Cu-NbTi само является сложной композицией и, как показывает эксперимент, имеет очень высокую прочность.

Дифракционная картина на рис. 2(а) показывает, что в исходном образце присутствуют все указанные компоненты материала: Cu, Nb и Ti. На дифракционной картине рис. 2(б) наряду с интенсивными Дебаевскими линиями от кристаллической структуры с дальним атомным порядком в интервале углов $\Theta=(26\div66)^\circ$ видна большая область в виде размытого максимума диффузного когерентного рассеяния рентгеновских лучей, что

указывает на присутствие в образце мелкодисперсной аморфизированной фракции [2]. Как можно видеть на рис. 2(a), структура более упорядоченная, чем в образце (рис. 2b). Выявился яркий широкий максимум от плоскостей (220), формируются объединенные группы из близко расположенных плоскостей Ti, Nb и Cu в средних углах $\Theta=(60\div70)^\circ$ и менее явно в малых углах $\Theta=(26\div36)^\circ$. При этом высокая пластичность меди, как показывает изменяющаяся форма Cu-и соседних с ней Ti- и Nb- максимумов, играет активную роль в процессе перемешивания этих элементов в соседних слоях [2].

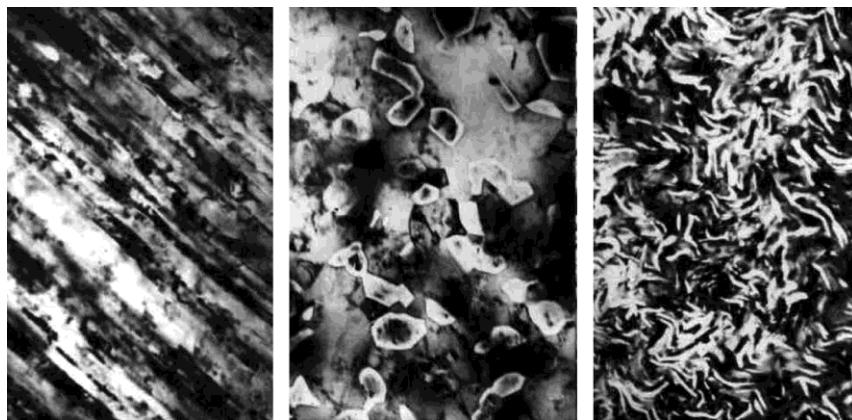


Рис. 1. Микроструктура деформированного ниобий-титанового сплава (а), деформированного и отожженного (б) и деформированного и отожженного и вновь деформированного (с), ув.30000

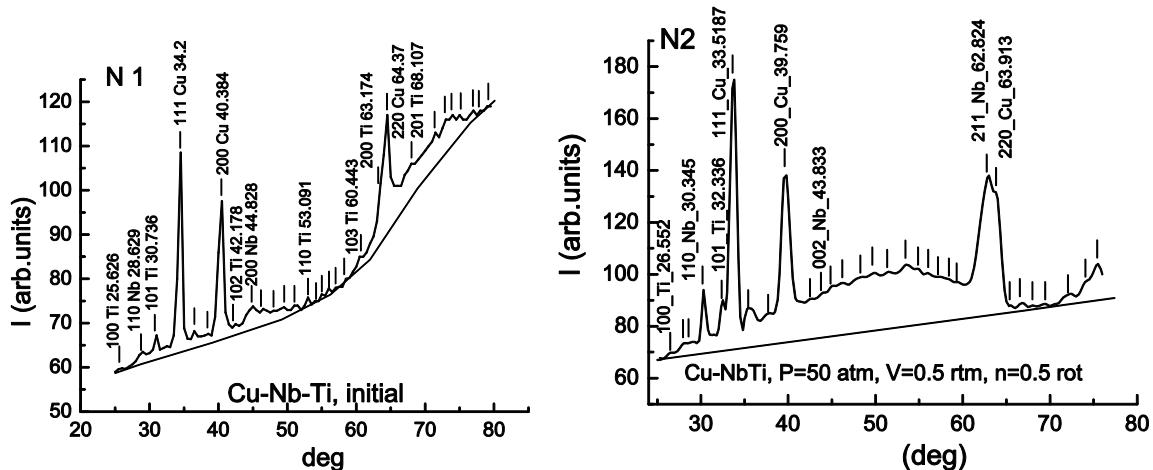


Рис. 2. Дифракционная картина от образца Cu-NbTi: а) $P=50$ atm, $V=0$ rpm, $n=0$ rot;
б) $P=50$ atm, $V=0.5$ rpm, $n=0.5$ rot

Из дифракционной картины на рис. 3(а) следует, что в результате проделанных деформационно-термических воздействий получился материал с новой атомной структурой. При этом дальний порядок разрушился во всех исходных материалах, заметно оставаясь только для основного семейства плоскостей (111)-Cu.

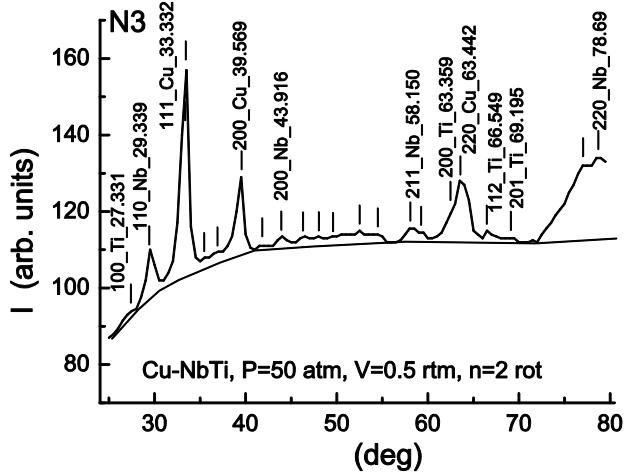


Рис. 3. Дифракционная картина от Cu-NbTi при Р=50 atm, V=0.5 rpm, n=2 rot

Выводы. Полученная структура представляет собой хорошо упакованные наноразмерные структурные группы разнородных металлов, сохранивших свои основные кристаллографические упаковки атомов, но разрушив жесткие границы исходных разнородных компонентов, заменив их аморфизированной структурой, обеспечивающей высокую подвижность носителей заряда.

Список литературы

- Черный О.В. О разработках Nd-Ti-сверхпроводников с высоким значением J_c , проводимых в ННЦ ХФТИ / О.В. Черный // ВАНТ. Серия: «Вакуум, чистые материалы, сверпроводники». – 1999. – Т. 9, № 1.
- Самойленко З.А. Процессы самоорганизации структуры в Cu₆₀Fe₄₀ композите при деформационно-термическом воздействии / З.А. Самойленко, Н.Н. Белоусов, Н.Н. Ивахненко, Е.И. Пушенко, В.Н. Варюхин // ФТТ. – 2014. – Т. 56. – № 6. – С.1186-1191.

УДК 66.066: 622.32

ФИЛЬТРАЦИЯ ЧЕРЕЗ МНОГОУРОВНЕВЫЕ ВЫСОКОПОРИСТЫЕ ТЕЛА

Сидак И.Л., Погибко В.М., канд. хим. наук, Раков В.Ф.

ГУ «НИИ «Реактивэлектрон», г. Донецк, ДНР

reaktivelektron@mail.ru

Введение. Каталитическое разрушение микробиологических объектов и токсичных хлорорганических соединений до простейших соединений (вода, углекислый газ, азот, хлорид кальция и магния и пр.) на фотокатализаторе в ультрафиолетовом свете является наиболее эффективным и экологически чистым методом очистки питьевой воды.

В качестве базовой конструкции для создания фотокаталитического устройства очистки питьевой воды был выбран стерилизатор SDE-011 ТорAqua. Во внутреннем объеме стерилизатора расположена кварцевая трубка с ультрафиолетовой лампой. В свободном объеме размещается фотокатализатор, через который проходит вода из трубопровода.

Разработанные нами фотокаталитические фильтры состоят из материала на основе диоксида титана. Фильтр имеет пять структурных уровней, $N = 5$: сферолиты, агрегаты, гранулы, мицеллы и наночастицы анатаза.

Необходимость в разработке математической модели процессов фильтрации через многоуровневые пористые тела связана с тем, что в литературе подобные алгоритмы расчетов не описаны. Существуют лишь частные решения для двухуровневых фильтров. Такая задача решена, например, для массообменных процессов, протекающих в пористых таблетированных катализаторах органического синтеза и для анализа гидродинамических процессов в геологических проницаемых, трещиновато-пористых пластах при добыче нефти и природного газа.

Основная часть. Для общего случая фильтрации через монодисперсный слой микропористого тела была разработана теория Козени-Кармана [1]. Эту теорию можно адаптировать для многоуровневых пористых тел. Гидродинамическое сопротивление i -х элементов микропористого тела с частицами диаметром – d_{ui} определяется уравнением:

$$\alpha_{Vi} = \frac{A \cdot S_{y\partial,i}^2 (1 - \varepsilon_{Vi})^2}{\varepsilon_{Vi}^3} = \frac{A' (1 - \varepsilon_{Vi})^2}{\varepsilon_{Vi}^3 \cdot d_{ui}^2 \cdot \zeta_{Vi}^{2/3}},$$

где A и A' – характеристические постоянные; ε_{Vi} – объемная пористость i -х элементов фильтра и их удельная поверхность – $S_{y\partial,i}$, $\text{м}^2/\text{м}^3$; ζ_{Vi} – коэффициент формы объема частиц: для шара $\zeta_V = 1,0$, для наночастиц анатаза, имеющих форму двух сопряженных основаниями тетраэдров $\zeta_V = 0,2252$.

$$\varepsilon_{Vi} = \frac{d_{ni}^3}{d_{ui}^3 + d_{ni}^3},$$

где d_{ni} – диаметр пор i -х структурных элементов, м.

$$d_{ni} = (\varepsilon_{Vi})^{1/3} \cdot d_{ui},$$

$$S_{y\partial,i} = \frac{n_i \pi \cdot (d_{ui} [1 - \chi_{s,i}])^2}{4l_i \cdot S_\phi},$$

где n_i – количество частиц в i -х структурных элементах; $\chi_{s,i}$ – усадка i -х структурных элементов при термообработке сферолитов; l_i – эффективная толщина i -х структурных элементов, м; S_ϕ – площадь фильтра, м^2 .

Мгновенная скорость фильтрации на i -х элементах структуры, м/с:

$$v_{\phi i} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot \left(\alpha_{Vi} \cdot l_i + \sum_{k=1}^{i-1} \alpha_{vk} \cdot l_k \right)},$$

где ΔP – падение давления воды в фильтре $1,1674 \cdot 10^4$, Па; μ – динамическая вязкость воды при $t = 20^\circ\text{C}$ $\mu = 1,005 \cdot 10^{-3}$, Па·с.

$$l_i = \zeta_{Vi} \frac{d_{ui}^3}{S_\phi} n_i,$$

$$n_i = \frac{6V_{an}}{\pi d_i^3 \rho_{an}},$$

где ρ_{an} , G_{an} – плотность анатаза и его масса в фильтре. Гидродинамический поток через i -й структурный элемент, $\text{м}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ и его производительность, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$J_i = v_{\phi,i} \Pi_{si} = \frac{1}{A} \cdot \frac{\Pi_{si} \Delta P \cdot \varepsilon_V^3}{\mu \cdot l_i \cdot [S_{y\partial,i} \cdot (1 - \varepsilon_V)]^2}, \quad (1)$$

$$Q_i = J_i S_\phi.$$

где – Π_{si} поверхность пористости i -й структуры, $\text{м}^2/\text{м}^2$ [2]:

$$\Pi_{si} = \frac{d_{ni}^2}{d_{ni}^2 + d_{ui}^2} = \frac{\varepsilon_{Vi}^{2/3} d_{ui}^2}{\varepsilon_{Vi}^{2/3} d_{ui}^2 + d_{ui}^2} = \frac{\varepsilon_{Vi}^{2/3}}{\varepsilon_{Vi}^{2/3} + 1}.$$

Исходные данные: длина фотокатализатора $l_\phi = 0,180$ м; площадь сечения фильтра $S_\phi = 6,715 \cdot 10^{-4}$ м²; объем фильтра $V_\phi = 1,209 \cdot 10^{-4}$ м³. Поток через фильтр $Q_{cm} = 4,167 \cdot 10^{-5}$ м³/с. Преобразовав уравнение (1) относительно A и подставив численные значения для фильтра, найдем: $A = 240$.

Результаты расчетов:

1. Сферолит: простая кубическая упаковка; $d_{c\phi} = 1,0 \cdot 10^{-3}$ м; $n_{c\phi/\phi} = 1,5241 \cdot 10^5$; $d_n = 8,0135 \cdot 10^{-4}$ м; $\varepsilon_{Vi} = 0,5146$; $l_i = 0,180$ м; $\Pi_{sl} = 0,3911 \text{ м}^2/\text{м}^2$; $\chi_{s,c\phi} = 0,0329$; $\zeta_{c\phi} = 0,7931$.

$S_{y\partial,i} = 9,903 \cdot 10^2 \text{ м}^2/\text{м}^3$; $\alpha_V = 4,0694 \cdot 10^8 \text{ м}^2$; $v_\phi = 0,1586 \text{ м/с}$; $J_{c\phi} = 6,2023 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$; $Q_{c\phi} = 4,1648 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$.

2. Агрегат: ОЦК; $d_{aep} = 4,2 \cdot 10^{-5}$ м; $n_{aep} = 2,6839 \cdot 10^8$; $d_{aep,n} = 2,6345 \cdot 10^{-5}$ м; $l_{aep} = 1,928 \cdot 10^{-2}$ м.; $\varepsilon_{aep} = 0,2468$; $\Pi_{s,aep} = 0,2837$; $\chi_{s,aep} = 0,07314$; $\zeta_{aep} = 0,651$.

$S_{y\partial,i} = 2,467 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{м}^3$; $\alpha_V = 5,5117 \cdot 10^{12}$; $v_\phi = 1,0923 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$; $J_{aep} = 3,099 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$; $Q_{aep} = 2,081 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{с}$.

3. Гранула: ОЦК; $d_{ep} = 2,1 \cdot 10^{-6}$ м; $n_{ep} = 2,2373 \cdot 10^{12}$; $d_{ep,n} = 1,2999 \cdot 10^{-6}$ м; $l_{ep} = 1,571 \cdot 10^{-2}$ м; $\varepsilon_{ep} = 0,2372$; $\Pi_{s,ep} = 0,2770$; $\chi_{s,ep} = 0,10364$; $\zeta_{ep} = 0,5092$.

$S_{y\partial,i} = 5,9018 \cdot 10^5 \text{ м}^2/\text{м}^3$; $\alpha_V = 3,6434 \cdot 10^{15}$; $v_\phi = 2,0256 \cdot 10^{-7} \text{ м/с}$; $J_{ep} = 5,611 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$; $Q_{ep} = 3,768 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{с}$.

4. Мицелла: ОЦК; $d_m = 1,32 \cdot 10^{-7}$ м; $n_m = 9,5803 \cdot 10^{15}$; $d_{m,n} = 7,8084 \cdot 10^{-8}$ м; $l_m = 1,205 \cdot 10^{-2}$ м; $\varepsilon_m = 0,2070$; $\Pi_{s,m} = 0,2592$; $\chi_{s,m} = 0,13603$; $\zeta_m = 0,3672$.

$S_{y\partial,i} = 1,2094 \cdot 10^7 \text{ м}^2/\text{м}^3$; $\alpha_V = 2,5479 \cdot 10^{18}$; $v_\phi = 4,877 \cdot 10^{-10} \text{ м/с}$; $J_m = 1,2642 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$; $Q_m = 8,489 \cdot 10^{-14} \text{ м}^3/\text{с}$.

5. Наночастицы: ОЦК; $d_{нч} = 1,35 \cdot 10^{-8}$ м; $n_{нч} = 9,2921 \cdot 10^{18}$; $d_{нч,n} = 7,883 \cdot 10^{-9}$ м; $\varepsilon_{нч} = 0,1991$; $l_{нч} = 7,669 \cdot 10^{-3}$ м; $\Pi_{s,нч} = 0,2543$; $\chi_{s,нч} = 0,162$; $S_{yд,i} = 1,8137 \cdot 10^8$ м²/м³; $\alpha_V = 6,4144 \cdot 10^{20}$; $v_\phi = 2,35 \cdot 10^{-12}$ м/с; $J_{нч} = 5,976 \cdot 10^{-13} \cdot \text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$, $Q_{нч} = 4,013 \cdot 10^{-16}$ м³/с.

Производительности элементов фильтра представлены на рис. 1.

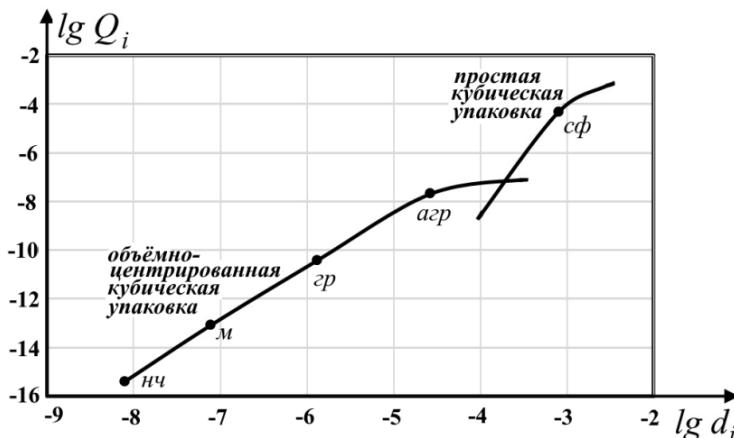


Рис. 1. Зависимость логарифмов производительности потока и диаметра пор i -х структурных элементов фильтра с различной упаковкой частиц

Заключение. Для прогнозирования производительности фотокаталитических фильтров различной конструкции и дисперсности структурных элементов фильтра, а также эффективности очистки воды от биологических и химических загрязнений, разработана математическая модель процессов фильтрации через многоуровневые капиллярно-пористые тела.

Список литературы

1. Малиновская Т.А. Разделение суспензий в химической промышленности / Т.А. Малиновская, И.А. Кобринский и др. – Москва: Химия. 1983. – 264 с.
2. Лыков А.В. Тепломассообмен: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1978. – 480 с.

УДК 537.87; 537.611.45; 535.326

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ И КОЛЛАПСА РЕЗОНАНСОВ ФАНО ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ПОПЕРЕЧНЫХ ФОНОНОВ ЧЕРЕЗ СЛОИСТЫЕ МАГНИТНЫЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ

Сухорукова О.С.¹, канд. физ.-мат. наук, **Тарасенко А.С.²**

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

²ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина» г. Донецк, ДНР
tos1980@mail.ru

Введение. При резонансном прохождении сдвиговой плоской упругой волной акустически сплошной гетероструктуры из магнитных и

немагнитных слоев в симметричном немагнитном окружении возбуждение распространяющихся как безобменных, так и обменных спиновых волн может приводить к формированию эластодипольного аналога не только резонанса Фано, но и сопутствующих динамических эффектов, включая коллапс резонанса Фано и возникновение связанных магнонных состояний в континууме поперечных фононов.

Одним из магистральных направлений в современной физике композитных упругих сред является поиск акустических аналогов резонансных поляритонных эффектов, характерных для динамики электромагнитных метаматериалов [1, 2]. При этом в последние годы значительное внимание исследователей привлекло изучение как поляритонного механизма формирования самого резонанса Фано, так и связанных с ним динамических эффектов (в частности, таких как коллапс резонансов Фано, темные моды, суперрезонанс, сверхизлучение) [3, 4]. Естественно, что это нашло свое отражение и в развитии современной физики упругих метаматериалов, а интенсификация исследовательских работ в области гибридизации спинtronики и стрейнтроники привела к тому, что особое внимание стало уделяться изучению возможностей использования магнитных гетероструктур (в том числе и слоистых) как новой элементной базы для создания эффективно управляемых акустических метаматериалов [5, 6]. В частности, значительный исследовательский интерес вызывает поиск магнитоакустических аналогов указанных выше динамических поляритонных эффектов. Как пример, можно указать на появившуюся в последние годы серию статей [7–10], в которых для касательно намагниченного ферромагнитного (ФМ) слоя, акустически жестко связанного с неограниченным упругоизотропным немагнитным диэлектриком, теоретически рассматривалась возможность существования магнитоупругого (МУ) варианта резонанса Фано в условиях наклонного падения на слой плоской сдвиговой объемной упругой волны (акустический аналог геометрии Фогта). Однако с точки зрения вопросов, обсуждаемых в нашей статье, указанный цикл работ основан на существенном ограничении: выбранная авторами [7–10] для анализа теоретическая модель не учитывала вклад в МУ динамику магнитного слоя распространяющихся ни магнитостатических, ни обменных спиновых волн.

Основная часть. В связи с этим в данной работе для случая туннелирования плоской сдвиговой объемной упругой волны через акустически сплошные гетероструктуры с участием сверхпроводящих, а также магнитных и немагнитных диэлектрических слоев, изучен магнонный вклад в эластодипольный механизм формирования как резонанса Фано, так и связанных с ним динамических эффектов, включая коллапс резонанса Фано, формирование связанных состояний в континууме, сверхизлучение.

В работе рассматривалась структура, представляющая собой два полупространства, занятые идентичным упруго изотропным диэлектриком, а на границе между этими полупространствами расположен слой толщиной $2d$ одноосного гиротропного магнетика. При этом из немагнитной упругоизотропной среды на поверхность рассматриваемого магнитного слоя среды падает плоская сдвиговая объемная упругая волна с единичной амплитудой и заданными значениями частоты и угла падения. Без учета неоднородного обменного взаимодействия упругая динамика подобной магнитной среды с плотностью может быть описана следующей системой динамических уравнений:

$$\rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = \frac{\partial \sigma_{ik}}{\partial x_k}; \quad \operatorname{div} \mathbf{B} = 0, \quad \operatorname{rot} \mathbf{H} = 0$$

В этом случае, как показывает расчет, становится принципиально возможным формирование акустического аналога асимметричного резонанса (резонанса Фано).

Ряд дополнительных резонансных аномалий в изучаемой магнитоакустической конфигурации возникает и в случае, когда ФМ слой с двухсторонним покрытием из бесконечно тонкого идеального сверхпроводника является элементарным периодом для одномерного акустически сплошного магнитного фононного кристалла (МФК). В работе рассматривался случай, когда такой конечный МФК, состоящий из N элементарных периодов с определенной толщиной помещен в неограниченную упругоизотропную среду, и в целом, указанная магнитная гетероструктура является акустически сплошной [11].

В работе показано, что эффекты отражения и полного прохождения сдвиговой упругой волны через подобную рассматриваемую слоистую структуру существенно зависят от коэффициентов отражения и прохождения волны SH-типа.

Заключение. Таким образом, влияние эласто-дипольного взаимодействия на прохождение сдвиговых упругих фононов через магнитные сэндвич-структуры типа диэлектрик–сверхпроводник сформированных с участием ФМ или АФМ слоев, делает возможным реализацию магнитоакустических аналогов, хорошо известных в физике полупроводниковых гетероструктур поляритонных эффектов [3], включая формирование и коллапс резонанса Фано, связанные состояния в континууме поперечных фононов, темные и светлые моды, сверхизлучение. Для асимметричных слоистых магнитных гетероструктур указанные эффекты могут быть невзаимными относительно инверсии знака продольного волнового числа (угла наклона для падающей извне плоской SH-волны).

Список литературы

1. F. Zangeneh-Nejadб R. Fleury// Rev. Phys.- 4, 100031. -2019.

2. D. Zhao, Y.-T. Wang, K.-H. Fung, Z.-Q. Zhang, C.T. Chan // Phys. Rev. B.- 101, 054107.-2020
3. A.V. Kavokin, J. J. Baumberg, G. Malpuech, F.P. Laussy, Microcavities // 2-nd ed., Oxford University Press, N.Y.-2017.
4. М. В. Рыбин, М. Ф. Лимонов // УФН. – 2019. – 189. – 881.
5. K. Yu, N. X. Fang, G. Huang, Q. Wang // Adv. Mater 30, 1706348 .-2018.
6. А. А. Бухараев, А. К. Звездин, А.П. Пятаков, Ю. К. Фетисов // УФН.-2018.- 188.- 1288.
7. O. S. Latcham, Y. I. Gusieva, A.V. Shytov, O.Y. Gorobets, V.V. Kruglyak // APL.-2019.- 115.-082403.
8. O. S. Latcham, Y. I. Gusieva, A.V. Shytov,O.Y. Gorobets, and V.V. Kruglyak, arXiv preprintarXiv:1911.06774 (2019).
9. O. S. Latcham, Y. I. Gusieva, A.V. Shytov, O.Y. Gorobets, and V.V. Kruglyak // APL.- 2020.- 116.-209902.
10. O. S. Latcham, Y. I. Gusieva, A.V. Shytov,O.Y. Gorobets, V.V. Kruglyak, arXiv:1906.07297v2 [physics.app-ph] (2020).
11. М. А. Исакович // Общая акустика.- Наука.- 1973.- Москва.-463 с.
12. О. В. Приходько, О. С. Сухорукова, С. В. Тарасенко, В. Г. Шавров // Письма в ЖЭТФ.- 2012.- 95.- С.733

УДК 539.32

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТОВ СИСТЕМЫ $\text{CO}_x(\text{PZT})_{100-x}$

Тарасов Д.П. канд. физ.-мат. наук, доц., **Толкачев Т.А.**

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, РФ
demetriys@mail.ru

Гранулированные композиционные материалы, состоящие из металлических ферромагнитных наночастиц, расположенных в диэлектрической матрице, благодаря своим уникальным физическим свойствам [1-4] привлекают в последние годы значительное внимание исследователей. Эти материалы, в частности, характеризуются специфическими магнитными свойствами, что делает их удобными объектами для экспериментального изучения проблем магнетизма в гетерогенных средах.

Компонентами, исследуемой системы, являются металл Co , испытывающий переход в ферромагнитную фазу ниже 1394 К. Диэлектрическую матрицу формировали на основе известного сегнетоэлектрического соединения $\text{Pb}_{0.81}\text{Sr}_{0.04}(\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5})_{0.15}(\text{Zr}_{0.575}\text{Ti}_{0.425})\text{O}_3$ (PZT), в котором переход в полярную фазу реализуется около 573 К [5].

Нанокомпозиционные материалы были получены методом ионно-лучевого распыления составной мишени на подложку из ситалла. Мишень представляла собой пластину из кобальта размером $280 \times 80 \times 10$ мм³, на

поверхности которой были укреплены навески керамики PZT размером $80 \times 10 \times 2$ мм³. Применение мишени такой конструкции позволило в одном технологическом цикле получить композиционный материал в виде пленки и толщиной около 3 мкм, содержащей от 23 до 76 ат. % металлической фазы в зависимости от взаимного расположения подложки и мишени.

Значения намагниченности и коэрцитивную силу H_c определяли по петлям магнитного гистерезиса, полученным с использованием вибрационного магнетометра при комнатной температуре.

На рис. 1 приведены кривые намагниченности для различных составов наногранулированных композитов $\text{Co}_x(\text{PZT})_{100-x}$, находящихся в исходном после напыления состоянии. Нетрудно убедиться, что в случае образцов с содержанием металлической фазы $x < 60$ ат. % кривые $M(H)$ являются нелинейными и при этом не выходят на участок насыщения во всем интервале полей, доступных в эксперименте (рис. 1a). В тоже время магнитный гистерезис для этих образцов не наблюдается. Такое поведение зависимости $M(H)$ является характерным для материалов, находящихся в суперпарамагнитном состоянии.

Для образцов $\text{Co}_x(\text{PZT})_{100-x}$ с концентрацией $x > 60$ ат. %, кривая намагниченности $M(H)$ приобретает гистерезисный характер (рис. 1b).

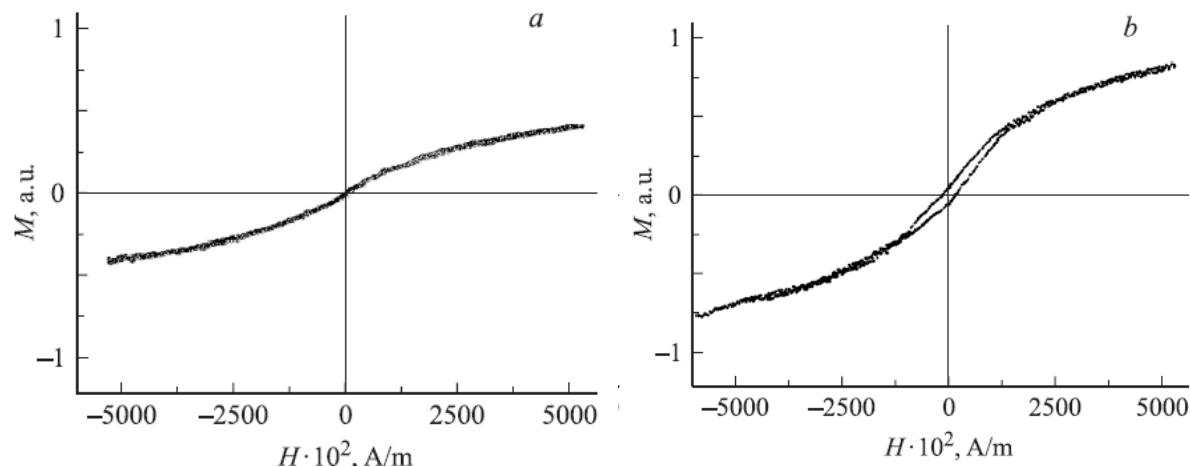


Рис. 1. Кривые намагниченности образцов композитов $\text{Co}_x(\text{PZT})_{100-x}$, находящихся в исходном состоянии: а – $\text{Co}_{59}(\text{PZT})_{41}$, б – $\text{Co}_{70}(\text{PZT})_{30}$

На рис. 2. приведены кривые намагниченности для композитов $\text{Co}_{59}(\text{PZT})_{41}$ (рис. 2а) и $\text{Co}_{68}(\text{PZT})_{32}$ (рис. 2б) после их термического отжига в вакууме при давлении около 10 Па и температуре $T = 875$ К.

Как видно из графиков для образца $\text{Co}_{59}(\text{PZT})_{41}$ наблюдается петля магнитного гистерезиса, отсутствующая в исходном образце (рис. 1а). Очевидно, это связано с укрупнением областей металлической фазы и возникновением благодаря этому в них ферромагнитного упорядочения. Экспериментально наблюдаемые петли магнитного гистерезиса имеют

более сложный вид, чем петли полученные для исходных образцов композитов $\text{Co}_x(\text{PZT})_{100-x}$. Сложный вид петель (появление перемычек), по-видимому, связан с частичным окислением Со. Известно, что оксид Со является антиферромагнетиком, характеризующимся двойными петлями магнитного гистерезиса.

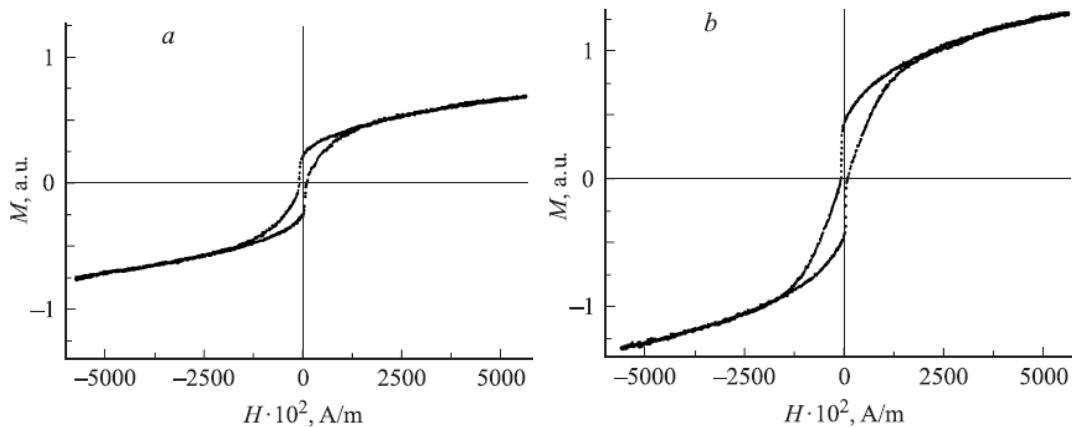


Рис. 2. Кривые намагниченности образцов композитов $\text{Co}_x(\text{PZT})_{100-x}$, после их отжига в вакууме при $T = 875$ К: а – $\text{Co}_{59}(\text{PZT})_{41}$, б – $\text{Co}_{68}(\text{PZT})_{32}$

Список литературы

1. Тарасов Д.П., Калинин Ю.Е., Ситников А.В. // Письма в ЖТФ. – 2008. – Т. 34. – №11. – С 12-18.
2. Тарасов Д.П. // ЖТФ. – 2017. – Т. 87. – № 9. – С. 1384-1388.
3. Tarasov D.P., Korotkov L.N., Sitnikov A.V // Ferroelectrics. – 2010. – V. 397. – № 1. – P.185-190.
4. Тарасов Д.П., Калинин Ю.Е., Коротков Л.Н., Ситников А.В. // Письма в ЖТФ. – 2009. – Т. 35. – Вып. 1. – С. 90-97.
5. Смоленский Г.А. Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики / Г.А. Смоленский, В.А. Боков, В.А. Исупов и др. – Л.: Наука, 1971. – 476 с.

УДК 539.2, 548.4

КИСЛОРОДНАЯ ВАКАНСИЯ В 100 ПЛАСТИНЕ АНАТАЗА ПРИ ВСЕСТОРОННЕМ СЖАТИИ

Токий Н.В.^{1,2}, канд. физ.-мат. наук, **Токий В.В.¹**, д-р физ.-мат. наук, проф.

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

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

nvt1976@mail.ru

Введение. Диоксид титана широко используется в различных областях, поскольку является перспективным материалом при изготовлении кислородных сенсоров, самоочищающихся покрытий, прозрачных,

полупроводниковых и ферромагнитных устройств спинтроники, варисторов, электрохромных устройств (окна, зеркала, дисплеи), тонкопленочных оптических интерференционных покрытий. Его применяют для фотокатализаторов, для производства водорода и электрической энергии в солнечных элементах [1, 2].

В последнее время ввиду использования диоксида титана как гетерогенного катализатора [3] повысился интерес к изучению поверхностей (101) и (001) диоксида титана со структурой анатаза [4].

В работе [5] продолжено начатое в [6] теоретическое рассмотрение физических механизмов управления гидрофобностью поверхности (100) диоксида титана со структурой анатаз при изменении расстояния между гидроксильной группой OH и поверхностными слоями. Нужно отметить, что свойства этой поверхности были предметом интереса авторов работы [7].

В работе [8] начато теоретическое рассмотрение одного из дефектов, управляющего электрофизическими свойствами 100 пластины анатаза – анионной вакансии. В ней представлено изменение полной энергии E_{tot} 100- пластины диоксида титана со структурой анатаза для различных положений анионной вакансии. Анализ изменения полной энергии обнаруживает стремление вакансии в приповерхностные слои.

Целью настоящей работы является рассмотрение влияния всестороннего гидростатического сжатия на составляющие полной энергии способствующие устремлению кислородной вакансии в 100 пластине диоксида титана со структурой анатаза в приповерхностный слой и составляющие препятствующие этому.

Модель. Для изучения влияния величины давления на поведение кислородной вакансии в диокside титана нами были построены атомные модели ячеек пластин. Анатаз имеет структуру тетрагональной симметрии (пространственная группа I_{41}/amd) [5]. В качестве формы ячеек выбраны прямоугольные параллелепипеды с ребрами $\vec{a} \times \vec{b} \times \vec{c}$, длина (в Å) которых составляет: $a_1 = 27.125$, $b_1 = 3.875$, $c_1 = 9.514$ для несжатой структуры, $a_{0.95} = 25.1703$, $b_{0.95} = 3.5958$, $c_{0.95} = 9.0383$, для структуры с коэффициентом всестороннего гидростатического сжатия 0.95, $a_{0.9} = 23.8455$, $b_{0.9} = 3.4065$, $c_{0.9} = 8.5626$. для структуры с коэффициентом всестороннего гидростатического сжатия 0.9. Ячейки, моделирующие кислородную вакансию в 100 пластине диоксида титана состоят из 35 атомов каждая, в том числе 12 Ti, 23 O.

Наше моделирование в настоящей работе было выполнено в рамках DFT [5,9]. Главным принципом DFT является описание взаимодействия системы фермионов через трехмерную электронную плотность, а не через их многомерные волновые функции. Применение нами DFT для диоксида титана проведено на основе приближения локальной плотности (LDA).

Моделирование проводили в программе ABINIT [10] с помощью abinit-инструмента (Version 2.8.3) nanoHUB [11]. Реализацию DFT [9] в LDA для энергии обменной корреляции электронов осуществляли с

использованием псевдопотенциалов Troullier-Martins [12] для Ti и O (предлагаемых по умолчанию в пакете ABINIT), а также энергии обрезания для плоских волн 60 Ha.

Полная энергия пластины анатаза и ее составляющие в теории псевдопотенциалов описаны нами в работах [5,6,8].

Проведен расчет изменения полной энергии E_{tot} 100 пластины диоксида титана со структурой анатаза для различных положений кислородной вакансии и различных давлений.

Анализ изменений полной энергии показал, что стремление вакансии в приповерхностные слои сохраняется и при сжатии.

Рассчитано влияние давления на выявленные ранее в [8] составляющие полной энергии 100- пластины диоксида титана со структурой анатаз, способствующие устремлению кислородной вакансии в приповерхностные слои. К этим составляющим относятся: E_{XC} – обменно-корреляционной энергии валентных электронов и E_{loc} – локального электрон-ионного взаимодействия.

Рассчитано влияние давления на выявленные ранее в [8] составляющие полной энергии 100- пластины диоксида титана, препятствующие устремлению кислородной вакансии в приповерхностные слои. К этим составляющим относятся E_{Ew} – кулоновского ион-ионного взаимодействия и E_H – энергия Хартри взаимодействия валентных электронов между собой.

А также рассчитано влияние давления на изменение E_{nonloc} – энергии нелокального электрон-ионного взаимодействия и E_{kin} – кинетической энергии валентных электронов ячейки 100 пластины диоксида титана для различных положений анионной вакансии, которые носят немонотонный характер и их роль в стремлении вакансии зависит от ее положения. Достоверность полученных результатов расчетов подтверждает независимость E_{psp} – энергии коррекции ионного остова от положения вакансии.

Заключение. Особенности кислородной вакансии в приповерхностных слоях определяются кинетической энергией валентных электронов ячейки 100 пластины диоксида титана.

Для установления физического механизма реализации стремления анионной вакансии в приповерхностный слой и определения его активационных параметров, контролирующих структуру и функциональные свойства диоксида титана, потребуются дальнейшие первопринципные квантово-механические расчеты.

Список литературы

1. Diebold U. The surface science of titanium dioxide. Surface Science Reports **48**, 53-229 (2003).
2. Токий В.В., Константинова Т.Е., Токий Н.В., Савина Д.Л., Погибко В.М., Гусакова Л.Г., Спиридонов Н.А., Сб. науч. трудов “Наносистемы, Наноматериалы, Нанотехнологии”. **2** (3) 849-854 (2004).

3. Pelletier J. D. A., Basset J.-M., Catalysis by Design: Well-Defined Single-Site Heterogeneous Catalysts. *Acc. Chem. Res.* 49(4), 664–677. (2016).
4. Kashiwaya Sh., Morasch J., Streibel V., Toupance Th., Jaegermann W., A. Klein, The Work Function of TiO_2 Surfaces **1**, 73–89; (2018).
5. Токий Н.В., Токий В.В. Гидроксилация поверхности (100) пластины анатаза методом DFT // ФТВД. – 2020. – **30**, №1. – С.58-65.
6. Токий Н.В., Токий В.В. Гидроксилация в 001-пластина диоксида титана методом DFT // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы IV Международной научной конференции (Донецк, 31.10.2019г.). – Том 1, Физико-математические и технические науки. Часть 2/ под общей ред. проф.С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2019. – С. 147.
7. Ruzycki N., Herman G.S., Boatner L. A., Diebold U., Scanning tunneling microscopy study of the anatase (1 0 0) surface. *Surface Science* **529**, L239–L244 (2003)
8. Токий Н.В., Токий В.В. Анионная вакансия в 100-пластина анатаза методом DFT // Актуальные проблемы прочности: материалы международной научной конференции, Витебск, 25-29 мая 2020 года / под ред. В.В. Рубаника. – Молодечно: Типография «Победа», 2020. – С. 224-226. – ISBN 978-985-6967-44-6
9. Hohenberg P., Kohn W., Inhomogeneous Electron Gas. *Phys. Rev.* 136, B864 (1964).
10. <http://www.abinit.org>
11. <http://www.nanohub.org>.
12. Troullier N. and Martins J.L. Efficient pseudopotentials for plane-wave calculations Efficient pseudopotentials for plane-wave calculations, *Phys. Rev. B*43, 1993 (1991).

УДК 615.849

РЕКОМБИНАЦИЯ БОЗЕ-ЭЙНШТЕЙНОВСКОГО КОНДЕНСАТА ЭКСИТОНОВ С УЧЕТОМ ФАЗОВОГО СИНХРОНИЗМА

*Химченко Д.Г., Заворотнев Ю.Д., д-р физ.-мат. наук,
Румянцев В.В., д-р физ.-мат. наук, проф.*

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

Введение. Известно, что при достаточно низких температурах квантовая система частиц, подчиняющихся статистике Бозе-Эйнштейна, переходит в особое состояние бозе-конденсата. В этом случае все бозе-частицы находятся в одном и том же квантовом состоянии, которое проявляется и на макроскопическом уровне, следовательно, открываются возможности его экспериментального наблюдения.

Одним из представителей семейства бозе-частиц (квазичастиц) склонных к образованию конденсата являются экситоны. Об успешном опыте экспериментального наблюдения бозе-эйнштейновского конденсата (БЭК) экситонов в полуметалле дихалькогениде 1T-TiSe₂ группой Питера Аббамонте сообщалось в работе [1] в 2017 году. Одним из способов экспериментального обнаружения конденсата экситонов может служить рассматриваемое в данной работе явление фазового синхронизма. В

настоящее время это явление стало актуальным из-за широкого применения оптико-волоконных кабелей и одномодовых световодов. Последние применяются, например, в дискретно-волоконных лазерах, физические процессы в которых интенсивно изучаются [2].

Цель. В связи с тем, что проблема достоверного обнаружения экситонного бозе-конденсата по-прежнему является актуальной, изучение рекомбинации БЭК экситонов с учетом фазового синхронизма, предпринятое в настоящей работе, может служить дополнительным обоснованием существования БЭК экситонов. Необходимо отметить, что вопросы фазового синхронизма рассматривались также в статьях [3, 4].

Основная часть. Пусть на некотором экситонном уровне v (конкретизируем позже) в состоянии $k=0$ создан БЭК. Возможны несколько каналов рекомбинации этих квазичастиц. Рассмотрим следующие возможности:

- 1) темный экситон распадается на два поляритона,
- 2) распад светлого экситона на поляритон и темный экситон,
- 3) генерация суммарной гармоники

Поскольку эффект является когерентным, то такие процессы возможны только при одновременном выполнении законов сохранения энергии и импульса, т.е.

$$\begin{cases} \omega_1(k_1) = \omega_2(k_2) + \omega_3(k_3) \\ k_1 = k_2 + k_3 \end{cases} \quad (1)$$

где ω, k – энергии и импульсы квазичастиц, индекс 1 описывает начальное состояние, индексы 2 и 3 – конечное.

В общем случае величины импульсов в (1) и (2) являются векторными. Однако, поскольку рассматривается распад БЭК экситонов из состояния $k=0$ на две квазичастицы, то фазовый синхронизм является коллинеарным, т.е. все вектора направлены вдоль одной прямой и в выражении (1) можно ограничиться только модулями импульсов.

1) В случае темных экситонов будем считать, $\omega(k)=\omega=const$. Темный экситон распадается на два поляритона, расположенных на разных ветвях. В этом случае, когда энергия темного экситона должна быть выше состояния с $k=0$ верхней поляритонной ветви, получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \mu = \hbar\omega_2(k_2) + \hbar\omega_3(k_3) \\ 0 = k_2 - k_3 \end{cases} \quad (2)$$

где μ – химический потенциал БЭК темных экситонов. Из второго соотношения (3) следует, что рекомбинация будет происходить вперед и назад с одинаковыми по модулю значениями волновых векторов. Необходимо отметить, что в реальных кристаллах возможны процессы, при которых импульс поляритон-экситонной подсистемы не сохраняется. Импульс отдачи, равный изменению импульса электромагнитного поля, передается фононам или примесям.

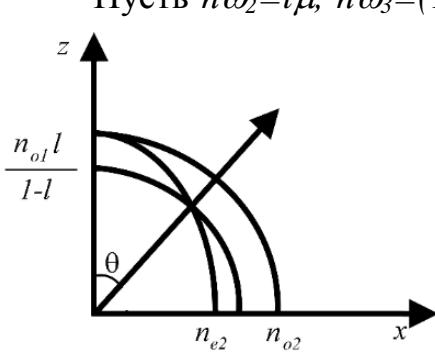


Рис.1. Стрелкой указано направление синхронизма в одноосных отрицательных кристаллах

криスタлла можно определить из выражений

$$\cos^2 \theta = \frac{n_{o3}^2 [l^2 n_{o2}^2 - n_{e3}^2 (1-l)^2]}{l^2 (n_{o3}^2 - n_{e3}^2) n_{o2}^2}; \quad \frac{n_{e3}}{n_{o2} + n_{e3}} \leq l \leq \frac{n_{o3}}{n_{o2} + n_{o3}}, \quad (3)$$

где n_o, n_e – показатели преломления обыкновенной и необыкновенной волн при $\theta = \frac{\pi}{2}$, угол θ отсчитывается от главной оптической оси.

2) При распаде светлого экситона на поляритон и темный экситон энергия темного экситона ω_2 должна находиться ниже энергии верхней поляритонной ветви. Поскольку можно считать, что энергия темного экситона не зависит от волнового вектора, то для рассматриваемой ситуации выделенные направления синхронизма отсутствуют и рассеяние идет по всей сфере.

Необходимо отметить возможность распада темного экситона на два поляритона нижней ветви, т.е. фактически происходит параметрическая люминесценция. Поскольку нижняя ветвь имеет горизонтальную асимптоту, то этот тип распада возможен только для экситонов, химический потенциал которых не больше удвоенного значения величины этой асимптоты. Если это условие не выполняется, то в результате распада на поперечный экситон нижней поляритонной ветви и поляритон верхней ветви должно возникнуть коротковолновое излучение. В случае параметрической люминесценции также возможны выделенные направления синхронизма, аналогичные рассмотренным в 1).

3) При генерации суммарной гармоники поляритон, создаваемый внешней накачкой, взаимодействуя с конденсатным экситоном рождает суммарную гармонику. Поляритоны накачки и рассеянный должны принадлежать разным ветвям, а именно, накачка – к верхней, а рассеянный – к нижней. Из правил отбора следует, что в таком процессе могут участвовать только темные экситоны, волновые функции которых преобразуются как квадрат векторного.

Заключение. Полученный в работе результат показывает важность учета фазового синхронизма при постановке эксперимента, подтверждающего существование БЭК экситонов.

Список литературы

1. Anshul Kogar, Melinda S. Rak, Sean Vig, Ali A. Husain, Felix Flicker, Young Il Joe, Luc Venema, Greg J. MacDougall, Tai C. Chiang, Eduardo Fradkin, Jasper van Wezel, Peter Abbamonte. Signatures of exciton condensation in a transition metal dichalcogenide. // Science. 2017. V.358, 6368, P. 1314-1317.
2. Пат. 2564519 Российская Федерация, МПК Н 01 С 3/067. Волоконный импульсный кольцевой лазер с пассивной синхронизацией мод излучения (варианты) / Кобцев С.М., Кукарин С.В., Хрипунов С.А., Раднатаров Д.А.; заявл. 10.01.2014; опубл. 10.10.2015.
3. Лозовик Ю.Е., Пушнов А.В. // ЖЭТФ, 1999. Т. 115. Р. 1353-1385.
4. Лозовик Ю.Е, Овчинников И.В. // Письма в ЖЭТФ, 2002. Т.75. Р. 603-608.

УДК 536 : 539.21 : 538.911

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО АНГАРМОНИЗМА НА КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИЕ И ДИЛАТОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ В ФОРМАЛИЗМЕ ТЕРМОДИНАМИКИ УСТОЙЧИВОСТИ РАВНОВЕСНОГО ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ

Христов А.В., канд. физ.-мат. наук,
Червинский Д.А.,
Шелест В.В., канд. физ.-мат. наук

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР
chervin@dfti.donbass.com

Введение. В работе изучаются взаимообусловленность дилатометрических и калориметрических свойств конденсированной среды с точки зрения комплексного ангармонизма и их влияние на условия термодинамической устойчивости фазового состояния системы [1-7].

Дилатометрия – наука, изучающая свойства конденсированной среды, связанные с изменением объема (которое обусловлено влиянием температуры (T), давления (P), электрических и магнитных полей, ионизирующего излучения, внутренних физико-химических процессов и т.д.) и эффектов, сопутствующих этому (локальное изменение физико-химических параметров среды, фазовые превращения) [1-3].

Основные измеряемые характеристики изотропной среды – изобарический и адиабатический коэффициенты теплового расширения/сжатия среды α_p , α_s и параметр Грюнайзена γ_G :

$$\begin{aligned}\alpha_p &= \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p \\ \alpha_s &= \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_s \\ \gamma_g &= V \left(\frac{\partial P}{\partial U} \right)_V = -\frac{1}{T \alpha_s}\end{aligned}\tag{1}$$

Физическая взаимообусловленность параметров связана с комплексным ангармонизмом и выражается через соотношение Грюнайзена:

$$\gamma_g = V \alpha_p \frac{K_T}{C_V} = V \alpha_p \frac{K_s}{C_p} = PV \frac{\beta_v}{C_V}\tag{2}$$

где $K_{T(s)} = -V \left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_{T(s)}$ – изотермический (адиабатический) коэффициент упругости, $\beta_v = \frac{1}{P} \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V$ – изохорический термический коэффициент давления.

Связь калориметрии с дилатометрией. Коэффициенты, характеризующие соответственно процессы изменения теплоты в результате изотермического сдавливания m_v и изобарического расширения m_p [3], выражаются формулами

$$m_v(P, V) = \left(\frac{\partial Q}{\partial P} \right)_V = T \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_V = -TV \alpha_s = \frac{C_v}{P \beta_v} = \frac{V}{\gamma_g}\tag{3}$$

$$m_p(P, V) = \left(\frac{\partial Q}{\partial V} \right)_P = T \left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_P = \frac{C_p}{V \alpha_p} = \frac{C_p}{C_v} \cdot \frac{K_T}{\gamma_g}\tag{4}$$

Изохорическая и изобарическая теплоемкости записываются как [3-5]

$$C_v(T, V) = \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_V = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_V = TV \frac{\alpha_p^2 K_T^2}{K_s - K_T}\tag{5}$$

$$C_p(T, P) = \left(\frac{\partial Q}{\partial T} \right)_P = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_P = TV \frac{\alpha_p^2 K_T K_s}{K_s - K_T}\tag{6}$$

Соотношения (5) и (6) показывают зависимость коэффициентов термического типа от термодинамических величин, характеризующих упругие свойства системы.

Для вывода данных соотношений было использовано уравнение [3,4]

$$\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} \right)_y = \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} \right)_z + \left(\frac{\partial \varphi}{\partial z} \right)_x \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_y\tag{7}$$

где $\varphi = \varphi(x, y, z(x, y))$ при условии $y = const$, а переменные (x, y, z) пробегают значения (T, S, P, V) . При этом сама функция φ выбирается из этого же множества.

Коэффициенты, характеризующие соответственно теплоту изотермического сдавливания и изотермического расширения [3-5] имеют вид

$$l_T^{(V)}(T, P) = \left(\frac{\partial Q}{\partial P} \right)_T = T \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T = -T \gamma_G \frac{C_v}{K_T} = \frac{C_v}{K_T \alpha_s} \quad (8)$$

$$l_T^{(P)}(T, V) = \left(\frac{\partial Q}{\partial V} \right)_T = T \left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_T = T \gamma_G \frac{C_v}{V} = T P \beta_v \quad (9)$$

Термодинамика устойчивости фазы. Детерминант устойчивости [2-7]

$$D_y = \begin{vmatrix} \left(\frac{\partial T}{\partial S} \right)_V & \left(\frac{\partial T}{\partial V} \right)_S \\ -\left(\frac{\partial P}{\partial S} \right)_V & -\left(\frac{\partial P}{\partial V} \right)_S \end{vmatrix} = \frac{\partial(T, -P)}{\partial(S, V)} > 0 \quad (10)$$

Связь детерминанта устойчивости с тепловыми и механическими параметрами [3-7] такова:

$$D_y = \frac{T}{V^2} \cdot \frac{\gamma_G}{\alpha_p} = -\frac{T}{C_v} \cdot \frac{l_T^{(P)}}{l_T^{(V)}} = \frac{T}{C_p} \cdot \frac{m_p^{(T)}}{m_v^{(T)}} = \frac{T}{V} \cdot \frac{K_T}{C_v} = \frac{T}{V} \cdot \frac{K_S}{C_p} \quad (11)$$

Замечания. При выводе зависимостей (2)-(11) использовалась техника якобианов.

Кроме вышеприведенных соотношений, можно также вывести и иные зависимости [8]

$$l_T^{(V)}(T, P) = -T \gamma_G \frac{C_v}{K_T} = \frac{C_v}{K_T \alpha_s} = -TV \alpha_p = \frac{C_p}{K_s \alpha_s}$$

$$l_T^{(P)}(T, V) = T \gamma_G \frac{C_v}{V} = TP \beta_v = T \gamma_G \frac{C_p}{V} \cdot \frac{K_T}{K_s}$$

$$m_v^{(T)} = -TV \alpha_s = \frac{C_v}{P \beta_v} = \frac{V}{\gamma_G} = \frac{C_v}{K_T \alpha_p} = \frac{C_p}{K_s \alpha_p}$$

$$m_p^{(T)} = \frac{C_p}{V \alpha_p} = \frac{C_p}{C_v} \cdot \frac{K_T}{\gamma_G} = \frac{K_s}{\gamma_G}$$

$$C_p = C_v (1 + T \gamma_G \alpha_p)$$

$$K_s = K_T (1 + T \gamma_G \alpha_p)$$

$$C_p / C_v = K_s / K_T$$

$$l_T^{(P)} m_p^{(T)} = \frac{T}{V} C_v K_s$$

$$\frac{l_T^{(V)}}{m_v^{(T)}} = \frac{\alpha_p}{\alpha_s}$$

$$l_T^{(P)} = \frac{T}{V} \gamma_G C_p \cdot \frac{1}{1 + T \gamma_G \alpha_p}$$

Выводы. Показана фундаментальная связь между дилатометрией, калориметрией, комплексным ангармонизмом и формализмом термодинамики устойчивости фазового равновесия. Получены зависимости, более детально по сравнению с общепринятым подходом демонстрирующие связь между тепловыми и механическими свойствами системы, а также с термодинамической устойчивостью фазы.

Список литературы

1. Физика твердого тела. Энциклопедический словарь. – К.: Наукова думка, 1998.
2. Шелест В.В., Христов А.В., Червинский Д.А, VIII Международная научная конференция «Актуальные проблемы физики твердого тела» (ФТТ-2018), Минск, Беларусь, с.110-112.
3. В.В.Шелест, А.В.Христов, ФТВД, **29**, №4, с.73-96.
4. В.В.Шелест, А.В.Христов, IV Всероссийская научно-практическая конференция «Информационные и инновационные технологии в науке и образовании», Таганрог, с.716 (2019).
5. Г.Стенли. Фазовые переходы и критические явления. М.: Мир, 1973.
6. В.В.Шелест, А.В.Христов. Вестник ЛНУ им.В.Даля, 7(25), с.131-134 (2019).
7. В.В.Шелест, А.В.Христов. IV Международная научная конференция «Донецкие чтения-2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности», Донецк, с.158-160 (2019).
8. В.В.Шелест, А.В.Христов, Д.А.Червинский, ФТВД, **30**, 4 (2020), в печати.

УДК: 534.1

СВЯЗЬ КОМПЛЕКСНОГО АНГАРМОНИЗМА С УПРУГИМИ ВОЛНАМИ В СПЛОШНОЙ СРЕДЕ

Червинский Д.А., Христов А.В., канд. физ.-мат. наук,
Шелест В.В., канд. физ.-мат. наук

ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, ДНР
chervin@dfti.donbass.com

Согласно теории упругости [1-5], в среде могут распространяться продольные и поперечные звуковые волны. Скорости их распространения различны и выражаются через коэффициенты Ляме следующим образом:

$$v_{\perp} = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (1)$$

$$v_{\parallel} = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad (2)$$

В соотношениях (1) и (2) ρ – плотность, v_{\perp} и v_{\parallel} – соответственно поперечная и продольная скорости звука в среде, λ и μ – коэффициенты Ляме. Из (1) и (2) следует очевидное равенство

$$\frac{\lambda}{\rho} = v_{\parallel}^2 - 2v_{\perp}^2 \quad (3)$$

В то же время, следуя теории упругости сплошной среды, коэффициенты Ляме можно связать с модулями упругости такой среды:

$$\mu = G \quad (4)$$

$$\lambda + \frac{2}{3}\mu = K \quad (5)$$

Здесь G – это модуль сдвига, K – модуль упругого объемного сжатия. Заметим, что упругие волны в сплошной среде распространяются адиабатически. Таким образом, деформация, связанная с упругими волнами, будет характеризоваться адиабатическими модулями упругости. Это значит, что в соотношениях (4) и (5) $G = G_s$ и $K = K_s$. Легко показать [1,6,7], что модули упругости удовлетворяют условиям $G_t = G_s = G$, тогда как $K_s \neq K_t$. В этом контексте из (5) на основе (1) и (3) получаем связь

$$\frac{K_s}{\rho} = v_{\parallel}^2 - \frac{4}{3}v_{\perp}^2 \quad (6)$$

Известно, что в кристаллах кубической симметрии могут распространяться три типа волн разной поляризации (одна продольная и две поперечные). При этом для определенных направлений наблюдается вырождение поперечных волн [4]. В то же время средний квадрат скорости распространения звуковых волн в кристалле есть величина инвариантная [3, 4]

$$\langle v^2 \rangle = \frac{v_{\parallel}^2 + 2v_{\perp}^2}{3} \quad (7)$$

Следуя концепции [5] и придерживаясь размерности физических величин, средний квадрат скорости может быть определен через термодинамические коэффициенты следующим образом:

$$\rho \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} \cdot \frac{C_p}{\alpha_p} \cdot \frac{1}{V} \quad (8)$$

Данная формула используется для экспериментального определения среднего квадрата скорости [5]. Используя соотношение Грюнайзена [2, 6, 7], можно получить связь между параметром Грюнайзена γ_G и коэффициентом теплового расширения α_p , которые как раз и характеризуют комплексный ангармонизм системы:

$$\gamma_G = V \alpha_p \frac{K_s}{C_p} \quad (9)$$

Из равенств (6)–(9) получим связь параметров комплексного ангармонизма с акустическими величинами, характеризующими распространение звуковых волн:

$$\gamma_G = \frac{9}{2} \cdot \frac{v_{\parallel}^2 - (4/3)v_{\perp}^2}{v_{\parallel}^2 + 2v_{\perp}^2} \quad (10)$$

$$\alpha_p = \frac{9}{2} \cdot \frac{C_p}{v_{\parallel}^2 + 2v_{\perp}^2} \cdot \frac{1}{\rho V} \quad (11)$$

Придерживаясь положения $\rho V = const$, учитывая связь теплоемкости при постоянном давлении с комплексным ангармонизмом [2, 6, 7]

$$C_p = C_v(1 + \gamma_G \alpha_p T) \quad (12)$$

из (11) следует соотношение

$$\alpha_p = \frac{3}{2} \cdot \frac{C_v}{\langle v^2 \rangle \rho V} (1 + \gamma_G \alpha_p T) \quad (13)$$

Наконец, разрешая последнее равенство относительно параметра α_p и используя (10), получаем для коэффициента теплового расширения следующую формулу:

$$\alpha_p = \frac{3}{2} \cdot \frac{C_v}{\langle v^2 \rangle \rho V} \left[1 - \frac{27}{4} \frac{C_v T}{\rho V \langle v^2 \rangle^2} \left(v_{\parallel}^2 - \frac{4}{3} v_{\perp}^2 \right) \right]^{-1} \quad (14)$$

Таким образом, в работе продемонстрирована особая связь упругих ангармонических свойств континуальной среды с акустикой. Приведены соответствующие нетривиальные определения для параметров комплексного ангармонизма, входящих в соотношение Грюнайзена.

Список литературы

1. Постников В.С. Физика и химия твердого состояния / В.С. Постников. – М.: Металлургия, 1978.
2. Жирифалько Л. Статистическая физика твердого тела / Л. Жирифалько. – М.: Мир, 1975.
3. Анималу А. Квантовая теория кристаллических твердых тел / А. Анималу. – М.: Мир, 1981.
4. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела / Ч. Киттель. – М.: Наука, 1978.
5. Беломестных В.Н. Акустический параметр Грюнайзена твердых тел // Письма в ЖЭТФ. – 2004. – Т. 30, вып. 3. – С. 14-19.
6. В.В.Шелест, А.В.Христов. Физика и техника высоких давлений. 2019, том 29, № 4, с.73.
7. В.В.Шелест, А.В.Христов, Д.А.Червинский, ФТВД, **30**, 4 (2020), в печати.

**ОСОБЕННОСТИ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ИОНОВ Eu^{3+}
В ПЛЁНКАХ $\text{CN}_x:\text{Eu}_y\text{O}_z$, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ
DC-МАГНЕТРОНА**

Шемченко Е.И., Яковец А.А.

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

DC-магнетрон позволяет синтезировать материалы сложного химического состава и структуры. Путём вариации параметров его работы возможно получать плёнки с необходимой, наперёд заданной нано- и макроструктурой, что определяется его особенностью – кластерным распылением мишени. Таким образом, подбор состава композитной мишени и параметров работы магнетрона делает возможным синтезировать сложные соединения, в которых будут сочетаться как размерные свойства структуры материала, так и собственные химико-физические свойства составляющих его компонентов [1-3].

Плёнки нитрида углерода, легированные в процессе роста оксидами редкоземельных металлов – лантанидов, представляют собой плотноупакованные массивы многослойных нанотрубок и наноколонн. Размеры наноструктурных элементов зависят от параметров работы DC-магнетрона, и могут быть заданы заранее. Экспериментальным путём было определено, что характеристики спектров люминесценции таких образцов зависят не только от количества легирующей примеси в образце, но и от геометрических размеров наноструктурных элементов плёнки.

Целью данной работы было установить зависимость характеристик спектров люминесценции от размеров наноструктурных элементов в плёнках нитрида углерода, легированных оксидом европия.

Методика получения плёнок подробно описывалась в работах [1–4].

Для измерений спектров люминесценции была собрана установка, состоящая из ртутной лампы ДРТ-240 в качестве источника УФ, подключённой к возбуждающему монохроматору МДР-2, который позволяет выделять необходимую полосу возбуждения из спектра ртутной лампы. Излучение люминесцирующих центров в образце регистрировалось ФЭУ, которая также была подключена ко второму монохроматору МДР-2, регистрирующему, что позволяет просматривать весь получаемый спектр. Также в составе установки была фокусирующая оптика, самописцы, блоки питания и т.д..

Возбуждение люминесценции в образцах проводилось на длине волны 266 нм. Экспериментально были обнаружены стандартные переходы для трёхвалентного иона европия Eu^{3+} : $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_0$, $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_1$, $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_2$, $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_3$, $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_4$. В некоторых образцах обнаруживалась полоса

люминесценции около 730 нм, которая зависит от размерности элементов структуры углеродной матрицы. На рис. 1 представлены спектры люминесценции образцов в сравнении с образцовым спектром чистого оксида европия. Серии плёнок получены при разных параметрах работы магнетрона, которым соответствует разный размер наноструктурных элементов, составляющих плёнку:

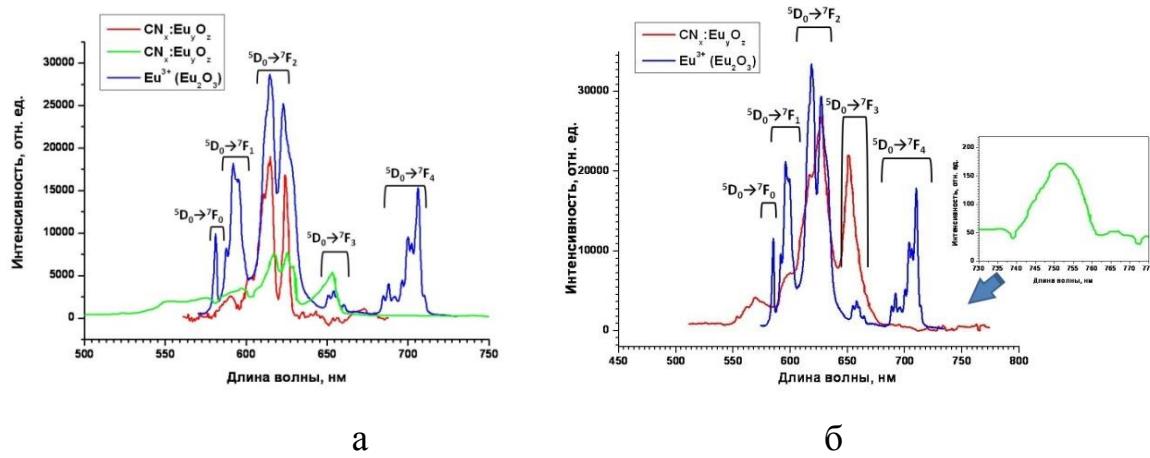


Рис.1. Спектры люминесценции наноструктурных плёнок $\text{CN}_x\text{:Eu}_y\text{O}_z$, в сравнении с образцовым спектром чистого оксида европия (синий) при параметрах разряда DC-магнетрона и размерах наноструктурных элементов: а – красный, 52 \div 56 мА, 250 В, 20 \div 45 нм; зелёный, 48 \div 52 мА, 250 В, 48 \div 85 нм; б – красный, 62 \div 63 мА, 250 В, 15 \div 45 нм

У всех редкоземельных металлов есть особенность – незаполненные внутренние оболочки – ${}^4\text{f}$, которые являются оптическими и не играют роли в образовании химических связей. Люминесценция ионов редкоземельных металлов связана с электронными переходами внутри этой оболочки, которые являются запрещенными для свободных ионов, так как для них нарушаются правила отбора по квантовым числам n и L . При внедрении РЗИ в какую-либо матрицу, энергетические уровни ионов слабо смещаются, и происходит частичное смешение состояний разной четности (${}^4\text{f}_{n-1}$ и ${}^5\text{d}$), что приводит к появлению электрических дипольных переходов внутри ${}^4\text{f}$ оболочки и появлению люминесценции.

Таким образом, характеристики люминесценции сильно зависят от структуры матрицы. Соответственно, энергетические обменные процессы между люминесцирующим центром и матрицей, которые определяют количество энергии, попадающей в люминесцирующий центр и рассеиваемый матрицей, также определяются структурой.

На рис. 1 хорошо видны отдельные пики в спектрах люминесценции, количество и амплитуда которых увеличивается с уменьшением и упорядочиванием наноструктурных элементов плёнок. Практически вплоть до вида образцового спектра оксида европия. Это происходит из-за уменьшения различных структур люминесцирующего центра, более

однородного лигандного окружения, и как следствие к однородному набору осцилляторов. Также упорядочение размеров наноструктурных элементов в образцах приводит к однородности процессов энергического обмена и между матрицей и ионом европия, а также уменьшению рассеяния энергии в матрице, что также приводит к возрастанию амплитуды отдельных переходов.

Выводы.

1. В плёнках $CN_x:Eu_yO_z$, полученных с помощью DC-магнетрона, обнаружена строгая зависимость характеристик спектров люминесценции от наличия и размеров наноструктурных элементов, составляющих пёнку.
2. Уменьшение размеров и увеличение однородности наноструктурных элементов плёнки приводит к однородному набору осцилляторов, и как следствие выделению отдельных электронных переходов в спектре люминесценции.
3. Уменьшение размеров и увеличение однородности наноструктурных элементов плёнки приводит к однородности процессов энергического обмена между матрицей и ионом европия, что вызывает рост яркости люминесценции плёнок.

Список литературы

1. Shemchenko E.I., Gumennyk K.V., Rumyantsev V.V. Formation of Nanocolumnar Structures under Magnetron Growth of Europium-oxide-doped Carbon nitride Films / Journal of Nanoscience with Advanced Technology. – 2015. – № 1. – С. 1.
2. 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, А.А. Павелко // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля: Международная научно-практическая конференция «Открытые физические чтения – 2017». – Луганск, 2017. – С.123.
3. Шемченко Е.И. Люминесценция и модель роста наноколонарных плёнок $CN_x:Eu_yO_z$, полученных на магнетроне постоянного тока / Е.И. Шемченко, В.И. Кириченко, А.Н. Гангало // ФТВД. – 2017. – № 2. – С. 26.
4. Шемченко Е.И. Исследование зависимости размеров наноструктуры плёнок нитрида углерода, легированных оксидом европия в процессе роста, от параметров получения / Е.И. Шемченко, А.Г. Петренко, И.Я. Лихтенштейн // Вестник луганского национального университета имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ. – 2018. – №5(11). – С.151-154.

Радиофизика и инфокоммуникационные технологии

УДК 004.032.26

ОПТИМИЗАЦИЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ РЕДУКЦИЕЙ ПРОИГРАВШИХ НЕЙРОНОВ

Бабичева М.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
m.v.babicheva60@gmail.com

Введение. Нейросетевые решения набирают все большую популярность в наши дни. Однако большинство разрабатываемых и используемых моделей остаются чрезвычайно затратными по вычислительным ресурсам и поэтому нечасто внедряются в полностью автоматизированных системах на микроконтроллерах или миникомпьютерах [1]. В данной работе разработан метод оптимизации нейронной сети обрезанием проигравших нейронов, позволяющий уменьшить ресурсоемкость и увеличить быстродействия без потери точности нейросетевых алгоритмов для внедрения в автоматизированные системы. Показано, что результаты оптимизации не зависят от архитектуры нейронной сети и методов обучения.

Обоснование разработанной методики Выдвинута гипотеза о том, что если приравнять к нулю веса нейронов обученной нейронной сети, которые не изменяются в процессе обучения (обрезать сеть), а затем снова начать обучать такую обрезанную сеть, то можно добиться увеличения точности, при уменьшении количества параметров сети.

Разработан следующий алгоритм обрезания:

1. Произвольно инициализировать нейронную сеть $f(x; \theta)$ (где $\theta = \theta_0 \sim D_0$).
2. Обучать сеть в течение j итераций, получив набор параметров θ_j .
3. Сократить $p\%$ параметров в θ_j , создав маску m .
4. Установить значения оставшихся параметров равными 0, создав новую сеть $f(x; m_0)$.

Это можно сделать один раз: сеть обучается один раз, $p\%$ весов обрезается, и оставшиеся незадействованными веса обнуляются или проводить этот процесс итеративно, то есть многократно обучать, сокращать и обнулять веса за n эпох; каждая эпоха раунд сокращает $p/n\%$ весов, из тех, которые остаются от предыдущей эпохи.

Методика экспериментов и результаты. Выдвинутая гипотеза проверялась экспериментально на полносвязной сети LeNet и сверточных сетях Conv-2, Conv-4, Conv 6 с различным количеством сверточных слоев, а затем на глубоких нейронных сетях VGG-19 и ResNet-18 с различными

особенностями архитектуры и обучения. Для сравнения проводились эксперименты по рандомному обрезанию нейронов, предложенному в ранее опубликованных работах [2,3]. Все исследованные архитектуры нейронных сетей при обрезании, с последующим обучением показали увеличение точности распознавания, причем при обрезании более, чем на 30 %, точность увеличивалась на 2-3 % при уменьшении параметров сети на 70 %. На рисунке 1 представлен характерный график зависимости точности классификации предметов сверточными нейронными сетями различной архитектуры с обучающим датасетом CIFAR10. Видно, что при 20-30 процентах оставшихся нейронов точность повышается, причем итерационный процесс обрезания способствует большему росту точности. Итеративное обрезание в среднем позволяет сокращать количество параметров на 10 % больше, чем однократное обрезание.

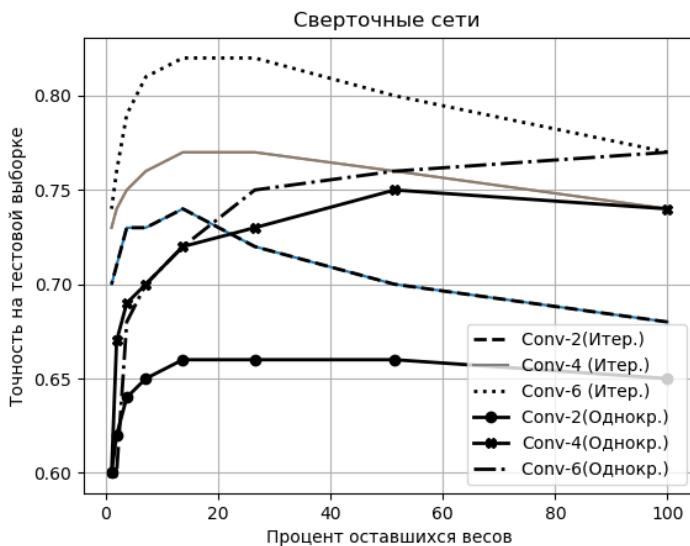


Рис. 1. Точность в процессе обрезания весов с учетом выигравших нейронов при использовании однократной и итеративной обрезки для сверточных сетей с разным количеством сверточных слоев

С усложнением архитектуры нейронных сетей процент обрезанных весов нейронов без ухудшения точности увеличивался и достигал 80 % (для VGG-19) и 85 % (для ResNet-18).

Заключение. Выдвинутая гипотеза подтверждена экспериментально. Применение оптимизации разработанным методом редукции проигравших нейронов позволяет уменьшить количество параметров на 70-80 % без потери точности. Предложенную методику целесообразно использовать в автоматизированных системах, основанных на нейросетевых алгоритмах, для уменьшения ресурсоемкости и увеличения быстродействия без потери точности.

Результаты исследований внедрены в систему аутентификации и доступа на базе монитора видеодомофона М-480М с системой на кристалле Allwinner A-13.

Список литературы

1. Liu Zhuang. Rethinking the value of network pruning / Zhuang Liu, Mingjie Sun, Tinghui Zhou, Gao Huang, Trevor Darrell // In International Conference on Learning Representations, 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://openreview.net/forum?id=rJlnB3C5Ym>, свободный.
2. Li Hao. Pruning filters for efficient convnets/ Hao Li, Asim Kadav, Igor Durdanovic, Hanan Samet, Hans Peter Graf. arXiv preprint arXiv:1608.08710, 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1608.08710>, свободный.
3. Molchanov, D. Variational dropout sparsifies deep neural networks / D. Molchanov, A. Ashukha, D. Vetrov. arXiv preprint arXiv:1701.05369, 2017. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1701.05369>, свободный.

УДК 534.522:778.38

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ

Данилов В.В., д-р техн. наук, проф.,

Тимченко В.И., канд. физ.-мат. наук, доц.

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

ut5iv@mail.ru

Введение. Акустоэлектронные устройства обработки высокочастотной сигнальной информации представляют собой приборы с распределенными постоянными. Следовательно, их разработка сопровождается необходимостью регистрации амплитудных и фазовых (фазорных) полей поверхностных акустических волн (ПАВ) в реальных микроструктурах.

Основная часть. Среди существующих методов метрологического контроля параметров акустоэлектронных устройств на ПАВ наиболее перспективными являются оптические [1,2], благодаря их универсальности, высокой чувствительности и относительной простоте. Эти методы основаны на анализе оптического излучения, рассеянного неоднородностями, вызванными распространением ПАВ. Указанные неоднородности могут быть: геометрическими (изменяют угол падения света на поверхность исследуемого устройства); физическими (изменяются физические параметры среды) и др.

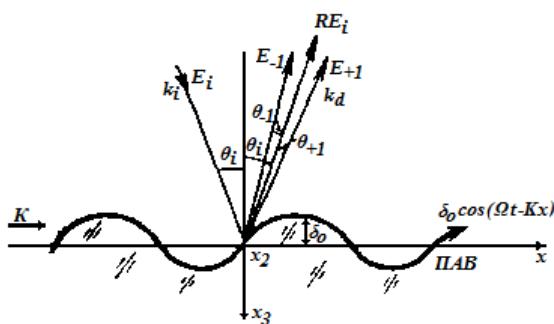


Рис. 1. Взаимодействие света с ПАВ при отражении от исследуемого устройства

Неоднородности оказывают на падающий свет действие, аналогичное фазовой дифракционной решетке (рис. 1). Поскольку эта решетка движется, частота света в дифракционных максимумах ω_m сдвинута вследствие эффекта Доплера относительно частоты падающего света ω_0 на величину, кратную частоте ПАВ $\Omega: \omega_m = \omega_0 + m\Omega$, где $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$. Сдвиг по частоте вверх наблюдается для света, отклоненного в сторону распространения ПАВ, и вниз — для света, отклоненного в противоположную сторону.

Если диаметр зондирующего светового пятна меньше половины длины ПАВ, взаимодействие света с ПАВ может рассматриваться как пространственно-временная модуляция, которая обусловлена периодическим изменением нормальной компоненты смещения, а также периодическим отклонением луча света из-за изменения локального наклона поверхности.

Так же, как и при дифракции света на объемной акустической волне, в зависимости от геометрии области взаимодействия, существуют, два вида дифракции света на ПАВ, отличающиеся различными дифракционными спектрами: Рамана – Ната и Брэгга. Первая, наблюдается при малой протяженности области взаимодействия света с акустической волной и ее спектр в этом случае представляет собой дифракционные порядки, равноотстоящие от направления зеркального отражения света на угол $\theta_m = \arcsin m\lambda / \Lambda$, где λ и Λ — длина световой и акустической волны соответственно. Второй вид дифракции имеет место на высоких частотах при большой протяженности области взаимодействия, спектр которой состоит из двух дифракционных порядков: нулевого и первого, причем интенсивность первого максимума будет наибольшей, если свет падает под углом Брэгга к направлению распространения акустической волны $\theta_B = \arcsin \lambda / 2\Lambda$. Вид дифракции зависит от величины безразмерного параметра $Q = 2\pi L\lambda / \Lambda^2$, где L — длина области взаимодействия световой и акустической волн. При $Q \ll 1$ имеет место дифракция Рамана – Ната, при $Q \gg 1$ наблюдается дифракция Брэгга. Поскольку при оптическом зондировании длина взаимодействия света с ПАВ невелика и обычно $\lambda / \Lambda \ll 1$, рассеяние света на ПАВ соответствует режиму Рамана – Ната, за исключением волноводных структур, в которых за счет увеличения L можно добиться брэгговской дифракции.

Для анализа света, рассеянного ПАВ, решают уравнения Maxwella с граничными условиями, соответствующими распространению ПАВ. Наиболее строгое решение дает векторная теория, которая в отличие от скалярных [2] справедлива для любых углов падения света, включая углы Брюстера. Взаимодействие света с ПАВ может иметь место как при отражении от поверхности, возмущенной ПАВ, так и при прохождении через устройство, когда нужно учитывать не только деформацию

поверхности, но и изменение диэлектрической проницаемости, вызванное распространением ПАВ. При исследовании устройств на ПАВ чаще используется первый случай, при котором распределение электрического поля дифрагированного оптического излучения E_d имеет вид :

$$E_d = \sum_{m=-\infty}^{\infty} A_m \exp f[(\omega_0 + m\Omega)t - k_d \rho_0], \text{ где } A_m = i^{(m+1)} A_0(E_i, R) F J_m(\alpha_1); A_0(E_i, R) -$$

постоянная, зависящая от амплитуды напряженности электрического поля падающего света E_i и коэффициента отражения R ; $F = \frac{\sin[\gamma - mK]D / \cos \theta_i}{[(\gamma - mK)D / \cos \theta_i]}$

функция, определяющая угловое распределение дифракционных максимумов; ρ_0 — радиус-вектор точки наблюдения; $\gamma = k_d \sin \theta_m - k_i \sin \theta_i$; $2D$ — диаметр зондирующего светового луча; θ_i — угол падения света (см. рис. 1); $J_m(\alpha_1)$ — функция Бесселя 1-го рода m -го порядка; $\alpha_i = (k_d \cos \theta_m - k_i \sin \theta_i) \delta_0$; k_d — волновое число дифрагировавшей световой волны; k_i — волновое число падающей световой волны; $K = 2\pi/\Lambda$ — волновое число ПАВ; δ_0 — амплитуда ПАВ.

Максимум электрического поля световой волны имеет место при $F = 1$ и $\theta_m = mK/(k_i \cos \theta_i)$. Откуда следует, что при известных угле падения света θ_i и угле дифракции θ_m можно определить фазовую скорость ПАВ $v = \lambda f / (\theta_i \cos \theta_i)$ и длину ПАВ $\Lambda = v/f = \lambda / (\theta_i \cos \theta_i)$, где f — частота ПАВ.

Интенсивность света в ± 1 -м дифракционном порядке определяется $I_{\pm 1} = E_d E_d^* = I_i R^2 J^2(2k_i \delta_0 \cos \theta_i)$, где I_i — интенсивность падающего света.

Учитывая, что в реальных устройствах $k_i \delta_0 \ll 1$ [2], ‘не формулу можно переписать в виде $I_{\pm 1} \approx I_i R^2 k_i^2 \cos^2 \theta_i \delta_0^2$. Амплитуда ПАВ при этом будет определяться выражением $\delta_0 = [\lambda / (2\pi \cos \theta_i R)] \sqrt{I_{\pm 1} / I_i}$. Следовательно, для измерения таких параметров акустоэлектронных устройств, как амплитуда, скорость распространения, длина ПАВ, затухание, методами *когерентной оптики* должна предусматриваться возможность измерения дифракционной эффективности, а также угла падения и угла дифракции (при $\theta_i \neq \pi/2$).

Заключение. Если в исследуемом устройстве ПАВ распространяются в противоположных направлениях с амплитудами δ_+ и δ_- то дифракционная эффективность имеет вид

$$I_{\pm 1} / I_i = R^2 [(\delta_+ k_i \cos \theta_i)^2 + (\delta_- k_i \cos \theta_i)^2 + 2\delta_+ \delta_- k_i^2 \cos^2 \theta_i \cos 2\Omega t].$$

Первые два слагаемых описывают оптические поля с частотами $\omega_0 \pm \Omega$ и $\omega_0 \mp \Omega$ соответственно, третье имеет удвоенную частоту. При усреднении за время $\tau \gg t/(2\Omega)$ он стремится к нулю. При такой геометрии стоячих волн детектирование дифракционной эффективности не дает полезной информации. Однако при анализе соответствующей частотной

моды можно получить мощность ПАВ, распространяющихся в одном направлении [2]: $P = (K p_R L) / (k_i^2 R^2 \cos^2 \theta_i) \cdot (I_{\pm 1} / I_i)$, где p_R — параметр, зависящий от свойств материала, L — ширина акустического луча вдоль оси x_2 (см. рис. I).

Обычно при анализе света, рассеянного ПАВ, используют только ± 1 -й порядок дифракции, так как уже для 2-го порядка дифракционная эффективность резко падает.

Относительная простота получения количественной информации при взаимодействии света с ПАВ позволяет успешно развивать оптические методы и соответствующую аппаратуру измерения, параметров ПАВ. По-видимому, эти методы можно разделить на *дифференциальные*, в которых предусматривается последовательное проведение измерений по ряду точек (или методы оптического зондирования) и *интегральные*, с помощью которых поля ПАВ визуализируются одновременно.

В соответствии с видом взаимодействия света с ПАВ предлагается две группы методов оптического зондирования:

- основанные на анализе света, дифрагированного на ПАВ;
- с использованием фазовой модуляции волны, обусловленным распространением ПАВ.

Список литературы

1. Морган Д. Устройства обработки сигналов на поверхностных акустических волнах. Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1990.
2. Клудзин В.В. Физические основы построения акустооптических устройств / В.В. Клудзин // ЛИАП. – Л., 1980.

УДК 539.5

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СПЛАВАХ

Малащенко В.В.¹, д-р физ.-мат. наук, проф.,

Гладкая А.Д.², канд. техн. наук, доц., **Малащенко Т.И.³**

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

²ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», Донецк, ДНР

³ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», Донецк, ДНР

malashenko@donfti.ru

Введение. Сплавы различных металлов являются важным видом функциональных материалов, поскольку находят весьма широкое применение в различных отраслях промышленности. В частности, сплавы на основе алюминия применяются в самолетостроении и космической

индустрии. При обработке такие сплавы все чаще используются лазерные технологии, которые оказывают существенное влияние на различные свойства материалов, прежде всего, механические. Как известно, механические свойства в значительной степени определяются зарождением и движением дислокаций и их взаимодействием с другими дефектами кристаллической структуры. Именно это взаимодействие оказывает главное влияние на формирование таких механических свойств, как прочность и пластичность. В условиях мощного лазерного облучения это взаимодействие носит динамический характер, оно сильно зависит от скорости движения дислокаций, а, следовательно, и от скорости пластической деформации, и значительно отличается от взаимодействия в условиях квазистатической деформации. Динамика дислокаций в условиях высокоэнергетических внешних воздействий обычно исследуется методом молекулярной динамики [1-3], однако получать аналитические зависимости этот метод не позволяет. Получить их во многих случаях удается на основе развитой нами теории динамического взаимодействия структурных дефектов [4-6].

Целью настоящей работы является получение аналитической зависимости динамического предела текучести состаренного двухкомпонентного сплава от плотности дислокаций при облучении лазерными импульсами высокой мощности.

Основная часть. Зоны Гинье-Престона образуются при искусственном или естественном старении сплава. В частности, в алюминиево-медном сплаве они представляют собой диски из атомов меди толщиной от одного до нескольких атомарных слоев и диаметром от нескольких нанометров до десятков нанометров. При воздействии мощных лазерных импульсов скорость пластической деформации достигает значений $10^3 - 10^9 \text{ c}^{-1}$, а дислокации совершают надбарьерное скольжение, перемещаясь со скоростями $v \geq 10^{-2} \text{ c}$, где c – скорость распространения поперечных звуковых волн в кристалле. При этом механизм диссипации дислокационной энергии заключается в необратимом переходе кинетической энергии поступательного движения дислокации в энергию ее изгибных колебаний в плоскости скольжения, которые возникают при взаимодействии дислокаций с другими дефектами структуры. Как следует из теории динамического взаимодействия дислокаций со структурными дефектами, динамика дислокаций при таком механизме диссипации зависит от вида спектра дислокационных колебаний, в первую очередь от наличия щели в дислокационном спектре. При высокоскоростной деформации плотность дислокаций значительно возрастает и может достигать значений $\rho = 10^{15} \text{ m}^{-2}$. Благодаря этому именно взаимодействие дислокаций между собой вносит главный вклад в формирование щели в спектре дислокационных колебаний. Наличие такой щели означает, что дислокация

совершает колебания в параболической потенциальной яме, перемещающейся по кристаллу вместе с ней. Увеличение плотности дислокаций приводит к увеличению щели, т.е. углублению потенциальной ямы, которая ограничивает амплитуду дислокационных колебаний, а, следовательно, снижает эффективность динамического торможения. При высокой концентрации в сплаве зон Гинье-Престона именно они вносят главный вклад в динамическое торможение дислокаций. Поскольку с ростом плотности дислокаций величина этого торможения снижается, возникает отклонение зависимости предела текучести от соотношения Тейлора.

Динамический предел текучести бинарного сплава определяется выражением

$$\tau = \tau_T + \tau_G + \tau_d + \tau_f \quad (1)$$

Здесь τ_T – слагаемое, определяемое соотношением Тейлора

$$\tau_T = \alpha \mu b \sqrt{\rho}, \quad (2)$$

где μ – модуль сдвига, ρ – плотность дислокаций, α – безразмерный коэффициент порядка единицы.

τ_f – вклад фононного торможения

$$\tau_f = \frac{B \dot{\varepsilon}}{\rho b c} \quad (3)$$

Здесь B – константа демпфирования, обусловленная фононными, магнонными или электронными механизмами диссипации, $\dot{\varepsilon}$ – скорость пластической деформации., τ_G – вклад силы динамического торможения дислокации зонами Гинье-Престона, τ_d – вклад силы торможения точечными дефектами (атомами второго компонента). Выражение для вклада зон Гинье-Престона и точечных дефектов можно получить с помощью теории динамического взаимодействия структурных дефектов

$$\tau_G = \mu \frac{n_G b^2 R}{\sqrt{\rho b^2 + \sqrt{n_d \chi^2}}}; \quad \tau_d = \mu \frac{n_d \chi^2}{\rho b^2 \left(\rho b^2 + \sqrt{n_d \chi^2} \right)} \left(\frac{\dot{\varepsilon} b}{c} \right) \quad (4)$$

Здесь n_G – объемная концентрация зон Гинье-Престона, n_d – безразмерная концентрация атомов второго компонента, χ – параметр их размерного несоответствия.

Проведенный анализ показывает, что в условиях лазерного облучения основной вклад в торможение ансамбля движущихся дислокаций вносят торможение зонами Гинье-Престона и торможение дислокациями, определяемое соотношением Тейлора. Зависимость динамического предела текучести бинарного сплава от плотности дислокаций в этом случае становится немонотонной: корневой рост сменяется спадом. Максимум соответствует значению плотности, при которой дислокации начинают вносить главный вклад в формирование дислокационного спектра.

Заключение. Полученные результаты показывают, что в условиях мощного лазерного облучения состаренных сплавов соотношение Тейлора может нарушаться. Это обстоятельство необходимо учитывать при анализе лазерного воздействия на сплавы.

Список литературы

1. Smith R. F. High strain-rate plastic flow in Al and Fe Collins / R.F. Smith, J.H. Eggert, R.E. Rudd, D.C. Swift, C.A. Bolme // Journal of Applied Physics. – 2011. – V. 110. – P. 123515(1–11).
2. Tramontina D. Molecular dynamics simulations of shock-induced plasticity in tantalum / D. Tramontina, E. Bringa, P. Erhart, J. Hawrelak, T. Germann, R. Ravelo, A. Higginbotham, M. Suggit, J. Wark, N. Park, A. Stukowski, Y. Tang // High Energy Density Physics. – 2014. – V. 10. – P. 9–15.
3. Yanilkin A.V. Dynamics and kinetics of dislocations in Al and Al-Cu alloy under dynamic loading / A.V. Yanilkin, V.S. Krasnikov, A.Yu. Kuksin, A.E. Mayer // International Journal of Plasticity. – 2014. – V. 55. – P. 94–107.
4. Malashenko V.V. Dependence of Dynamic Yield Stress of Binary Alloys on the Dislocation Density under High-Energy Impacts / V.V. Malashenko // Physics of the Solid State. – 2020. – Vol. 62, No. 10. – P. 1886–1888.
5. Malashenko V.V. The effect of Guinier–Preston zones on the dynamic yield stress of alloys under the shock-wave load / V.V. Malashenko // Technical Physics. – 2017. – V. 62. – № 5. – P. 810–811.
6. Malashenko V.V. Influence of the Guinier–Preston Zones on the Concentration Dependence of the Yield Point of the Aged Two-Component Alloys in Conditions of High-Speed Deformation / V.V. Malashenko // Physics of the Solid State. – 2019. – V. 61. – № 10. – P. 1800–1803.

УДК519.6

КОНСТРУКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ КОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ХАОСА

Мезин Н.И., канд. физ.-мат. наук

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

Введение. Лимит частотных ресурсов и необходимость обеспечения электромагнитной совместимости технических средств являются одними из главных проблем современных коммуникационных систем. Причины этих проблем обусловлены физической природой несущих сигналов и проявляются в том, что ширина полосы пропускания и мощность сигналов в существующих каналах связи принципиально ограничены. Если в ближайшем будущем не произойдет качественного скачка в развитии информационных технологий, то человечество может оказаться на пороге информационного коллапса. Очевидно, что решение этих проблем

невозможно без привлечения новых типов несущих сигналов и принципов их обработки.

Одним из таких новых типов несущих сигналов являются хаотические сигналы. Хаотические сигналы представляют собой специфический вид сигналов, информационное содержание которых отлично от нуля. В связи с этим они могут рассматриваться как носители информации, а нелинейные динамические системы, порождающие динамический хаос, как особые источники информации [1]. Хаотические сигналы обладают комплексом необычных свойств, которые позволяют создавать на их основе принципиально новые технологии передачи и обработки информации. К основным преимуществам новых систем связи и обработки информации следует отнести широкополосность, шумоподобность, исключение помех для работы других радиосистем, исключение проблемы многолучевого распространения радиоволн, самосинхронизированность, апериодичность, сверхсекретность без применения искусственного кодирования, уменьшение на одну треть потребляемой мощности аппаратных средств, экологическая безопасность.

В настоящее время системы связи с использованием хаотических сигналов находятся в «младенческом» состоянии и не могут конкурировать с современными системами на традиционных носителях. Одной из основных причин, сдерживающих развитие систем связи с использованием хаотических сигналов, является отсутствие материала элементной базы для создания генераторов хаоса, позволяющего реализовывать нестандартные инженерные решения.

Основная часть. В качестве элементной базы для генераторов хаотических сигналов мы использовали эпитаксиальные пленки железообогащенного граната $Y_{3-x}Fe_{5+x}O_{12}$ [2]. Эти пленки обладают повышенной способностью переходить в состояние спин – волновой неустойчивости. В отличие от других ферритовых материалов, в которых наблюдаются нелинейные явления и хаотизация, в пленках $Y_{3-x}Fe_{5+x}O_{12}$ порог хаотизации можно легко регулировать и локализовать на пленке области очень малых размеров, которые содержат хаотические магнитные колебания. Пленки обладают малыми потерями в расширенной полосе частот и большим разнообразием траекторий и путей хаотизации [3].

Ниже приводятся примеры практической реализации коммуникационных систем на основе динамического хаоса в пленках $Y_{3-x}Fe_{5+x}O_{12}$.

1. Были проведены теоретические и экспериментальные исследования процессов генерации хаотических колебаний в пленках $Y_{3-x}Fe_{5+x}O_{12}$. Разработаны численные модели каналов связи с хаотической несущей. Создан комплекс технических решений по связи на хаотических сигналах, который возможно гибко внедрить либо в уже существующие, либо в оригинальные форматы и протоколы мобильной связи. Эти решения можно реализовать на основе любой современной системы связи, начиная

со сложных многопользовательских систем с высокоскоростной передачей данных, таких как спутниковая связь, форматы GSM, UMTS, транкинговые системы, а также в традиционной радиосвязи, в технологиях передачи данных подобных BlueTooth, WiFi, в локальных компьютерных сетях и так далее.

На базе пленок $Y_{3-x}Fe_{5+x}O_{12}$ был создан экспериментальный образец канала прямохаотической связи с синхронным хаотическим откликом. Испытания канала связи в условиях интенсивных индустриальных и электронных помех продемонстрировали основные преимущества новой технологии передачи информации [4].

2. Эффект синхронного хаотического отклика был использован для создания системы аутентификации личности. Система основана на статическом методе, при котором используются физиологические характеристики человека, присутствующие от рождения и до смерти, находящиеся при нём в течение всей его жизни, которые не могут быть потеряны, украдены или скопированы. Уникальность выбранного нами решения для построения системы аутентификации заключается в том, что, используется особое свойство хаотической системы, заключающееся в том, что в нее можно вводить одновременно огромное количество различной информации. Для этого хаотическая система должна обладать большим числом степеней свободы (независимых переменных). В обычную линейную систему (не хаотическую) такой ввод информации принципиально не возможен. Хаотическая система на базе пленки $Y_{3-x}Fe_{5+x}O_{12}$ обладает достаточно большим числом степеней свободы. Извлечь информацию из хаотической системы можно только с помощью другой, максимально близкой по физическим параметрам, хаотической системой в результате синхронного хаотического отклика между двумя системами.

Если на хаотическую систему, обладающую большим числом степеней свободы (в нашем случае на пленку $Y_{3-x}Fe_{5+x}O_{12}$) оказать многоплановое воздействие, т.е. изменить одновременно большое число независимых переменных, то система отреагирует на это воздействие изменением своей траектории в фазовом пространстве и запомнит это изменение (изменит свой фазовый портрет). Простейшим примером такого воздействия является результат приложения пальца к свободной поверхности пленки, которая является составной частью хаотической системы. Хаотическая система «запишет» не только весь набор физических характеристик пальца (импеданс кожи и биологических тканей, их магнитную проницаемость, кровоток, трепор, папиллярный рисунок), но и динамику этих характеристик. Полученный таким образом «фазовый портрет пальца» хранится в памяти мобильного устройства. Если в результате синхронного хаотического отклика «фазовый портрет пальца» проверяемого человека совпадает с таковым, находящимся в

памяти мобильного устройства, то система даст разрешение на персональный доступ.

Был создан прототип системы аутентификации личности на основе синхронного хаотического отклика. Испытания системы на достаточном большом количестве людей убедительно подтвердили работоспособность выбранного решения. По нашим оценкам система аутентификации личности на основе синхронного хаотического отклика является одной из самых надежных среди известных систем.

Заключение. Теоретические и экспериментальные исследования процессов генерации хаотических колебаний в пленках $Y_{3-x}Fe_{5+x}O_{12}$, а также испытания созданных на их базе прототипов систем связи и аутентификации показали, что пленки $Y_{3-x}Fe_{5+x}O_{12}$ являются перспективным конструкционным материалом для коммутационных систем, использующих хаотические сигналы.

Список литературы

1. Дмитриев А.С. Динамический хаос: новые носители информации для систем связи / А.С. Дмитриев, А.И. Панас. – Москва: Издательство Физико-математической литературы, 2002. – 252 с.
2. Mezin N.I. Growth and properties of yttrium-iron garnet films with a higher iron content / N.I. Mezin, N.Yu. Starostyuk, S.V. Yampolskii // JMMM, 2017, 442.
3. Мезин Н.И. Параметрический хаос в пленках железоиттриевого граната получаемых из слабо диссоциированного раствора-расплава / Н.И. Мезин // Письма в ЖТФ. – 2011. – Т. 37, В. 23. – С. 61-67.
4. Мезин Н.И. Генераторы хаоса на базе пленок железоиттриевого граната для систем связи с синхронным хаотическим откликом / Н.И. Мезин, А.А. Глущенко, Ю.Е. Кузовлев // Письма в ЖТФ. – 2012. – Т. 38, В.19. – С.14-21.

УДК 534.1

ГЕНЕРАЦИЯ УПРУГИХ ВОЛН ПРИ РЕЗОНАНСНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Timchenko B.I., канд. физ.-мат. наук, **Подлесный B.YU.**
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
vlitim@mail.ru

Введение. Акустическая дефектоскопия промышленных изделий на сегодня получила широкое научное обоснование и практическое распространение энергетике, транспорте и машиностроении. Одним из методов акустического анализа является резонансная акустическая спектроскопия (РАС), которая нашла повсеместное распространение как метод измерения тензора упругости образцов [1]. Подробное описание методов РАС и примеры их применения можно найти в [1-3]. Высокая

точность метода обусловила его популярность и использование для решения широкого круга проблем. РАС применяется для анализа механизмов диссипации в твердом теле [4], структуры поликристаллических тел [5], влияния способа обработки материала на его микроструктуру [6] и для оценки размера зерен в структурно-неоднородной среде [7].

Основная часть. Основной целью этих исследований является обнаружение новых резонансных акустических эффектов, с помощью которых можно изучать состояние кристаллической структуры в различных материалах. Известно, что на границе раздела двух сред при отражении может образоваться либо узел, либо пучность: это зависит от соотношения плотностей сред. Если среда, от которой происходит отражение, более плотная, чем среда, а которой распространяется волна, то на границе образуется узел. Если среда, от которой происходит отражение, менее плотная, чем та, в которой распространяется волна, то на границе возникает пучность.

Если среда, от которой происходит отражение, более плотная, чем среда, а которой распространяется волна, то на границе образуется узел. Если среда, от которой происходит отражение, менее плотная, чем та, в которой распространяется волна, то на границе возникает пучность. Образование узла на границе при отражении от более плотной среды объясняется тем, что волна, отражаясь от более плотной среды, меняет свою фазу на противоположную. Тогда у границы складываются колебания противоположных направлений, что ведет к образованию узла. Поскольку фаза волны меняется на противоположную на расстоянии половины длины волны, то это явление называют «потерей полуволны при отражении». Отражаясь от менее плотной среды, волна не меняет фазы в месте отражения, поэтому «потери полуволны» не происходит. Благодаря этому фаза падающей и отраженной волн одинакова, и в этом месте получается пучность в результате сложения колебаний с одинаковыми фазами.

Основным препятствием для резонансной акустической спектроскопии структурно-неоднородных материалов является перекрытие индивидуальных резонансных откликов, что не позволяет разрешить резонансы обычными способами и достичь необходимой точности в задачах неразрушающего контроля [8]. В противоположность кристаллам, структурно-неоднородные среды характеризуются большим числом внутренних дефектов и, как следствие, относительно высокими потерями. В этом случае резонансы не проявляются в виде раздельных пиков, и измерение резонансных частот и добротностей традиционным способом затруднительно.

Таким образом, возникают задачи генерации упругих колебаний в широком частотном диапазоне с достаточно стабильной энергией и получении надежной амплитудно-частотной характеристики. Для решения этих задач представляется целесообразным использование калиброванного ударника (фиксируемые энергия и длительность возбуждения колебаний) и анализ акустического сигнала с помощью преобразований Фурье.

В теории удара классической механики вводится идеализация – совершается предельный переход к бесконечно большим силам, действующим бесконечно малое время (мгновенные силы) и имеющим конечный импульс» [9]. Промежуток времени, в течение которого длится удар, обычно очень мал (на практике $\sim 10^{-4}$ – 10^{-5} с), а развивающиеся на площадках контакта соударяющихся тел силы, вызывающие упругую деформацию, очень велики. За время удара они изменяются в широких пределах и достигают значений, при которых средние величины давления (напряжений) на площадках контакта имеют порядок 10^4 и даже 10^5 атм. Действие ударных сил приводит к значительному изменению за время удара скоростей точек тела» [10] и, соответственно, частот возбуждаемых волн.

Изменение скоростей точек тела за время удара определяется методами общей теории удара, где в качестве меры механического взаимодействия тел при ударе вместо самой ударной силы можно ввести её импульс за время удара τ , $S = \int_0^\tau P dt = P_{\text{ср}} \tau$, называемую «ударным импульсом».

Ввиду малости τ , импульсами всех неударных сил, таких, как сила тяжести, а также перемещениями точек тела за время удара пренебрегают. Основные уравнения общей теории удара вытекают из теорем об изменении количества движения и кинетического момента системы при ударе. С помощью этих теорем, зная приложенный ударный импульс и скорости в начале удара, можно определить скорости в конце удара [10].

Т.к. скорость распространения упругих деформаций в теле зависит от механических свойств материала и равна скорости звука в материале деформации и разрушения наступают вследствие того, что нагрузки превышают критические напряжения деформации (разрушения). Принято считать, что деформации распространяются в материале со скоростью звука [11]. Т.о. исходя из данных последующего АЧХ – анализа можно получить данные о совершенстве упругой среды.

Список литературы

1. Migliori A., Sarrao J.L. Resonant Ultrasound Spectroscopy. – John Wiley & Sons, Inc., 1997.
2. Birch F. Velocity and attenuation from resonant vibrations of spheres of rock, glass, and steel // J. Geophys. Res. – 1975. – V. 80. № 5. – P. 756-764.
3. Maynard J. Resonant ultrasound spectroscopy // Physics Today. – 1996. – V. 27. – P. 26-32.
2. Mason W.P., Marfurt K J B e sh ers D.N., Kuo J.T. Internal friction of metal spheres showing the effect of the anisotropy of the component metals // J. Acoust. Soc. Amer. 1977. – V. 62. – P. 1206-1212.
3. Kielczynski P J., Morean A., Bussiere J.F. Determination of texture coefficients in hexagonal polycrystalline aggregates with orthorhombic symmetry using ultrasounds // J. Acoust. Soc. Amer. – 1994. – V. 95. – P. 813-827.
4. Foster K., Fair burn S.L., Leisure R.G., Kim S., Balzar D., Alers G., Ledbetter H. Acoustic study of texture in polycrystalline brass // J. Acoust. Soc. Amer. – 1999. – V. 105. № 5. – P. 2663-2668.
5. Ogi H., Hirao M., Honda T. Ultrasonic attenuation and grain-size evaluation using electromagnetic acoustic resonance III. Acoust. Soc. Amer. – 1995. – V. 98. – P. 458-464.

6. Lee T., Lakes R.S., Lai A. Resonant ultrasound spectroscopy for measurement of mechanical damping: Comparison with broadband viscoelastic spectroscopy // Rev. of Sci. Instruments. – 2000. – V. 71. № 7. – P. 2855-2861.
7. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. Т.2. – М.: Наука. 1966. – 664 с.
8. Физический энциклопедический словарь / Под гл. ред. А.М. Прохорова. – М. Большая российская энциклопедия, 1995. – 928 с.
9. Таблицы физических величин / под ред. акад. И.К. Кикоина. – М.: Атомиздат. 1976. – 1007 с.

УДК 004.62

АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТОДА ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СПЕКТРОГРАММ РАДИОЧАСТОТ

Третьяков И.А.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
es75i@mail.ru

Введение. В настоящее время стремительно развивается научное направление анализ данных, ориентированное на формирование и исследование математических методов и вычислительных алгоритмов фильтрации, преобразования и извлечения полезной информации из экспериментальных данных и принятия решений. Любые методы обработки данных применяются для структурирования и анализа существующей информации.

Описание эксперимента. Разработанная система реализована на высокоуровневом языке программирования общего назначения Python на основе алгоритмов [1-2]. Исходной информацией для эксперимента послужили экспериментальные кривые спектrogramм радиочастот FM-диапазона. Экспериментальные данные были сняты с помощью SDR приемника на базе RTL2832 и R820T. Регистрировалась зависимость частоты от относительной мощности сигнала dBFS в диапазоне частот 95.6-98 МГц. Каждая кривая представлялась набором 2400 значений ординат. Эти числа соответствовали точкам отсчета, шагом в 1 КГц. В исследовании применялось частотное подавление сигналов лабораторным широкополосным генератором качающейся частоты. Кривые регистрировались при 4 состояниях: без подавления, с подавлением 1-го одного сигнала, 2-х и 3-х соответственно. Всего было зарегистрировано и проанализировано 60 таких кривых (по 15 кривых для каждого состояния).

Сегментация анализируемых кривых осуществлялась алгоритмами на основе функции сложности [3]. Каждая кривая разбивалась на равные участки длиной в 200 КГц, взятые с шагом следования вдоль кривой в 100 КГц. Таким образом имелось перекрытие в половину длины участка.

Для каждого класса был определен эталон, который представляет собой участок кривой, ординаты которого являются среднеарифметическим значением ординат всех участков соответствующего класса. Обозначим участки

следующим образом: 1 класс – L (left), 2 класс – C (central), 3 класс – R (right). Таким образом сформирован алфавит языка описания исследуемых экспериментальных кривых, состоящий из 3-х символов $A = \{L, C, R\}$. Полученные лингвистические описания исследуемых кривых представлены на рис. 1.

1 группа	2 группа	3 группа	4 группа
LCCLC	LLCRCC	CCCCCCCRC	LLCCCCCCCCCR
LCCLC	LLCRCC	CCCCCCRC	LLCCCCCCCCCR
CCLC	LLCRCC	CCCCCCRR	LCCCCCCCCCCR
LCCLC	LCRCC	CCCCCCRLC	LCCCCCCCCCCR
LCCLC	LCRCC	CCCCCCRC	LCCCCCCCCCRR
LCRCLC	LLCRCC	CCCCCCRR	LLCCCCCCCCRR
LCRCLC	LLCRCLC	CCCCCCRC	LCCCCCCCCCRR
LCCLC	LLCRCLC	CCCCCCRC	LCCCCCCCCCRR
LCCLC	LCRCLC	CCCCCCRC	LCCCCCCCCCRR
LCCC	LLCRCC	CCCCCCRLC	LCCCCCCCCCCR
LCCLC	LCRCC	CCCCCCRC	LCCCCCCCCCCR
LCCLC	LLCRCC	CCCCCCRC	LCCCCCCCCCCR
LCCLCR	LLCRCCR	CCCCCCRC	LCCCCCCCCCCR
LCCLC	LLCRCC	CCCCCCRC	LCCCCCCCCCCR
LCCLC	LLCRCC	CCCCCCRC	LCCCCCCCCCCR

Рис. 1. Полученные лингвистические описания

Процедура расширенного лингвистического описания спектrogramм радиочастот. Для более расширенного лингвистического описания экспериментальных кривых предлагается составлять это описание с учетом местоположения участков кривой на оси абсцисс. Для составления такого расширенного лингвистического описания, учитывая положение участков на исследуемой кривой, на примере спектrogramм радиочастот FM диапазона область определения кривой разбивается на l зон (в нашем случае $l=12$), одинаковых по длине (200 КГц). Алфавит языка описания кривых дополняется символом b – background, обозначающим не информативные фоновые участки. Таким образом алфавит состоит из четырех символов $A = \{L, C, R, b\}$. Исходя из этого, каждому участку будет присвоен символ, либо характеризующий его поведение на кривой, либо характеризующий фоновое и не информативное возмущение. При этом расширенные описания разных экспериментальных кривых с одинаковой длиной будут иметь одинаковое количество символов.

Исходной информацией для эксперимента послужили те же экспериментальные кривые спектrogramм радиочастот, что и в предыдущем эксперименте. На рис. 2 представлены расширенные лингвистические описания этих спектrogramм.

Для удобства восприятия полученных лингвистических описаний и наглядности, на рис. 3 на кривых из разных групп (при 4 состояниях: без подавления (рис. 3а), с подавлением 1-го одного сигнала (рис. 3б), 2-х (рис. 3в) и 3-х (рис. 3г)) отмечены символы, присвоенные каждому анализируемому участку.

Группы	Описания кривых	Эталоны групп и расстояние $r(\hat{T}, T_j)$					Группы	Описания кривых	Эталоны групп и расстояние $r(\hat{T}, T_j)$			
		1	2	3	4				1	2	3	4
		bLCbCbbbLCbb	LLCRCbbbbCbb	CCCCCRbbCbb	LCCCCCCCCCR				bLCbCbbbLCbb	LLCRCbbbLCbb	CCCCCRbbCbb	LCCCCCCCCCR
1 группа	bLCbCbbbLCbb	0	6	10	14		LLCRCbbbLCbb	6	0	10	14	
	bLCbCbbbLCbb	0	6	10	14		LLCRCbbbLCbb	6	0	10	14	
	bLCbCbbbLCbb	2	10	10	18		LLCRCbbbLCbb	6	0	10	14	
	bLCbCbbbLCbb	0	6	10	14		LLCRCbbbLCbb	4	2	10	14	
	bLCbCbbbLCbb	0	6	10	14		LLCRCbbbLCbb	4	2	10	14	
	bLCbCbbbLCbb	4	8	10	14		LLCRCbbbLCbb	6	0	10	14	
	bLCbCbbbLCbb	4	8	10	14		LLCRCbbbLCbb	8	4	12	14	
	bLCbCbbbLCbb	0	6	10	14		LLCRCbbbLCbb	8	4	12	14	
	bLCbCbbbLCbb	0	6	10	14		LLCRCbbbLCbb	4	2	10	14	
	bLCbCbbbLCbb	2	6	10	14		LLCRCbbbLCbb	6	0	10	14	
2 группа	bLCbCbbbLCbb	0	6	10	14		LLCRCbbbLCbb	6	0	10	14	
	bLCbCbbbLCbb	0	6	10	14		LLCRCbbbLCbb	6	0	10	14	
	bLCbCbbbLCbb	0	6	10	14		LLCRCbbbLCbb	8	4	12	14	
	bLCbCbbbLCbb	0	6	10	14		LLCRCbbbLCbb	8	4	12	14	
	bLCbCbbbLCbb	2	6	10	14		LLCRCbbbLCbb	4	2	10	14	
	bLCbCbbbLCbb	0	6	10	14		LLCRCbbbLCbb	6	0	10	14	
	bLCbCbbbLCbb	0	6	10	14		LLCRCbbbLCbb	6	0	10	14	
	bLCbCbbbLCbb	2	6	10	12		LLCRCbbbLCbb	8	2	8	14	
	bLCbCbbbLCbb	0	6	10	14		LLCRCbbbLCbb	6	0	10	14	
	bLCbCbbbLCbb	0	6	10	14		LLCRCbbbLCbb	6	0	10	14	
3 группа	CCCCCRbbCbb	10	8	0	10		LLCRCbbbLCbb	6	0	10	14	
	CCCCCRbbCbb	10	8	0	10		LLCRCbbbLCbb	18	14	12	2	
	CCCCCRbbCbb	10	8	0	10		LLCRCbbbLCbb	20	16	14	4	
	CCCCCRbbCbb	10	8	0	10		LLCRCbbbLCbb	14	14	10	0	
	CCCCCRbbCbb	10	10	2	12		LLCRCbbbLCbb	14	14	10	0	
	CCCCCRbbCbb	10	12	2	12		LLCRCbbbLCbb	14	14	10	0	
	CCCCCRbbCbb	10	10	2	12		LLCRCbbbLCbb	14	14	10	2	
	CCCCCRbbCbb	10	10	2	12		LLCRCbbbLCbb	18	14	12	4	
	CCCCCRbbCbb	10	8	0	10		LLCRCbbbLCbb	14	14	10	2	
	CCCCCRbbCbb	10	8	0	10		LLCRCbbbLCbb	14	14	10	0	
4 группа	CCCCCRbbCbb	10	12	2	12		LLCRCbbbLCbb	14	14	10	0	
	CCCCCRbbCbb	10	8	0	10		LLCRCbbbLCbb	14	14	10	0	
	CCCCCRbbCbb	10	8	0	10		LLCRCbbbLCbb	14	14	10	0	
	CCCCCRbbCbb	10	12	4	12		LLCRCbbbLCbb	14	14	10	0	
	CCCCCRbbCbb	10	8	2	10		LLCRCbbbLCbb	12	12	8	2	
	CCCCCRbbCbb	10	8	0	10		LLCRCbbbLCbb	14	14	10	0	
	CCCCCRbbCbb	10	8	0	10		LLCRCbbbLCbb	14	14	10	0	
	CCCCCRbbCbb	10	12	4	12		LLCRCbbbLCbb	14	14	10	0	
	CCCCCRbbCbb	10	8	2	10		LLCRCbbbLCbb	14	14	10	0	
	CCCCCRbbCbb	10	8	0	10		LLCRCbbbLCbb	14	14	10	0	

Рис. 2. Расширенные лингвистические описания исследуемых кривых

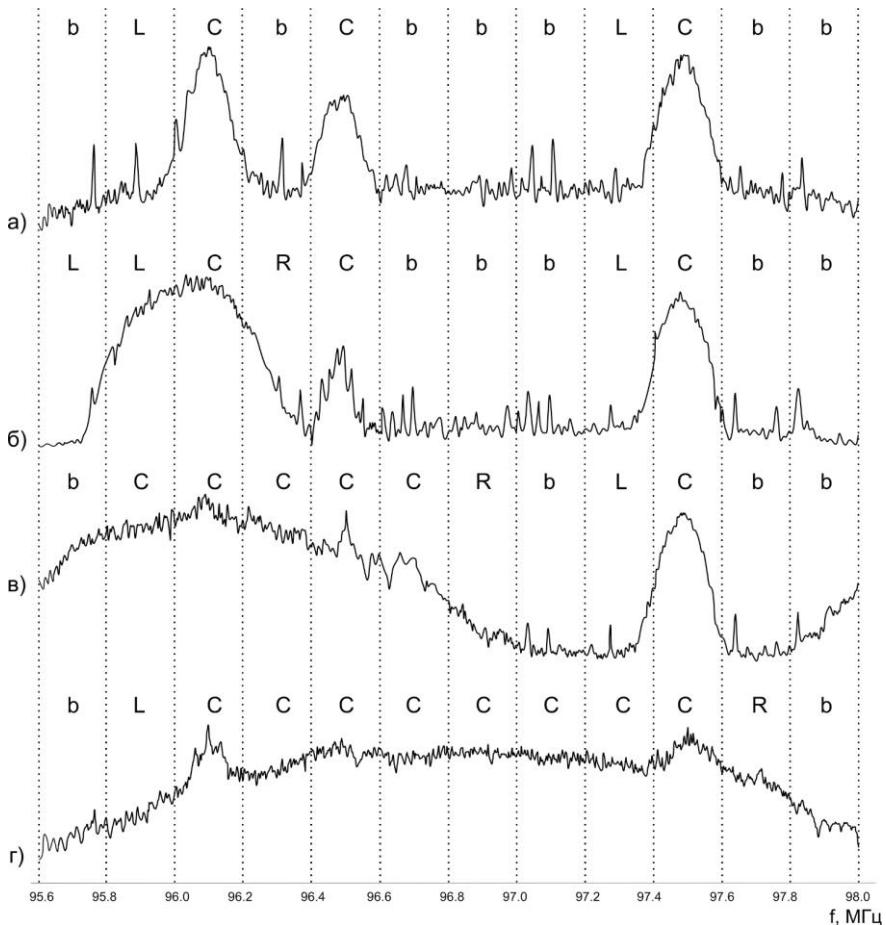


Рис. 3. Экспериментальные кривые спектрограмм радиочастот FM-диапазона и их расширенные лингвистические описания

Заключение. По полученным результатам можно заключить, что приведенные описания экспериментальных кривых, полученные разработанной автоматизированной системой лингвистического анализа экспериментальных данных научных исследований, представляют короткие и надежные правила для анализа спектрограмм радиочастот.

Список литературы

1. Данилов В.В. Алгоритмы идентификации переходных участков экспериментальных кривых с применением аппроксимации /В.В. Данилов, И.А. Третьяков, А.В. Шалаев, Я.И. Рушечников // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2018. – № 48. – С. 19-23.
2. Данилов В.В. Алгоритмизация присвоения символов анализируемым участкам экспериментальных кривых /В. В. Данилов, И. А. Третьяков, Я. И. Рушечников // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – 2018. – № 51. – С. 15-22.
3. Третьяков И.А. Функции сложности для выделения и распознавания характерных участков экспериментальных кривых / И.А. Третьяков, В.В. Данилов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2017. – № 2. – С. 101-107.

Компьютерные технологии

УДК 303.732.4

ОПИСАНИЕ ЭМПИРИЧЕСКИХ ДАННЫХ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ СИСТЕМЫ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

Аверин Г.В., д-р техн. наук, проф.

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

g.averin@donnu.ru

Введение. Доклад посвящен взаимоотношению естественных и гуманитарных наук и, в частности, применению методов математического моделирования в философии, истории, лингвистике, глобалистике, регионалистике и т.д. Эта область исследований обсуждается крайне редко; довольно мало интересных работ, посвященных данной проблеме.

Возможность использования математических и естественнонаучных методов в гуманитарных науках очень часто вызывает формальные сомнения и возражения. То, что естественные науки не могут пока охватить многие области знаний, исторически относящиеся, например, к философии или истории, на наш взгляд, связано с отсутствием систематизированных эмпирических данных, позволяющих провести формализацию понятий и задач и сформулировать исходные принципы и закономерности для построения прикладных теорий.

Современная наука пока не имеет общей теории описания эмпирических данных, хранящихся в базах данных и характеризующих системы различной природы. Данный аспект касается проблемы получения знаний на основе имеющейся обширной количественной информации. Решение указанной задачи позволило бы подойти к количественному, а не качественному изучению наиболее общих законов развития природы и общества. Сегодня – это также одно из самых актуальных направлений системного анализа и моделирования сложных систем.

Основная часть. Математика и естественные науки предполагают обязательную формализацию основных закономерностей, характеризующих природные явления, а также их количественное описание за счет формулировки исходных гипотез, теорий и моделей.

Социогуманитарные науки ориентируются в основном на мысленное модельное описание закономерностей гуманитарных и общественных процессов за счет построения гипотетических, образных, вербальных, экспертных и подобных им модельных представлений, которые позволяют получить качественные характеристики изучаемых явлений. Однако, общепризнано, что будущее теорий моделирования связано с тенденцией перехода от качественных моделей к количественным.

Предлагаем искать определенный изоморфизм для систем различной природы по отношению к эмпирическим наблюдениям, представленным в общей структурированной темпоральной (временной) форме – в виде темпоральных данных. Особенность таких данных в том, что они несут в себе информацию о любых процессах, происходящих в природе и обществе. Для этого случая можно построить среду моделирования в виде пространства состояний объектов (систем). В докладе обсуждается вариант построения феноменологической теории описания темпоральных данных.

Таким образом, идея данного исследования связана с общим представлением массивов дискретных эмпирических данных в многомерных фазовых пространствах состояний сложных систем относительно переменных состояния, а также с использованием эмпирических мер для описания состояний объектов и построения математических моделей в самых разных предметных областях. В основу создания моделей положен феноменологический метод, позволяющий разрабатывать системно-феноменологические теории. Основные принципы и предложенные методы моделирования, а также практические области приложения в гуманитарных науках изложены в работах [1 – 6].

Тезисное изложение результатов представим следующим образом.

Имеются результаты наблюдений в виде темпоральных данных, относящихся к некоторому множеству однотипных объектов определенной природы. Формируется пространство состояний E^n относительно переменных состояния объектов $z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$. Предлагается некая эмпирическая мера $W = W(M)$ для сравнения состояний объектов в виде полевой величины, которой, как мы предполагаем, свойственны континуальные закономерности. В пространстве E^n представляются данные наблюдений в виде дискретных точек M_i , также отражающие эти закономерности. Каждое состояние объекта в этом пространстве будет отображаться многомерной точкой M , процесс изменения состояния за определенный период времени – многомерной кривой l .

Все сказанное выше позволяет сформулировать гипотезы для математического моделирования состояний объектов различной природы. Принятие гипотез основано на использовании принципа континуальности фазового пространства состояний объектов, принципа инвариантности эмпирических мер, а также принципа соответственных состояний, заключающегося в наличии измеряемого сходства в состояниях объектов.

Основная гипотеза связана с возможностью создания для темпоральных массивов опытных данных феноменологических моделей, отличающихся многомерным полевым представлением пространства состояний, а также существованием скалярных полей эмпирических мер.

В качестве эмпирических мер могут быть использованы различные меры схожести состояний объектов: геометрические меры, как модели и

метрики пространства состояний; вероятностные меры, как статистические характеристики групп анализируемых объектов; эмпирические меры в виде сопоставлений относительных изменений состояний объектов по отношению в состояниям эталонного объекта или контрольных групп объектов [3]. Меры схожести и принцип соответственных состояний позволяют построить шкалу для относительного сравнения состояний объектов между собой, которая является основой для получения уравнений состояния для систем различной природы. Процедура построения таких шкал и уравнений состояний проработана в термометрии и термодинамике.

В результате появляется возможность создавать системно-феноменологические модели, которые относятся к классу уравнений Пфаффа. Данные уравнения интегрируемы и для них формулируется принцип существования энтропии и может быть найден общий потенциал пространства состояний применительно к конкретной системе.

Заключение. Таким образом, для сложных систем могут быть построены теории на основе совокупности феноменологических соотношений. Реализация метода показана на примерах создания моделей развития стран мира, регионов и городов России, оценки сходства биологических видов животных, описания лингвистических данных. Аналогичные результаты были получены при обработке и анализе данных по звездным системам, изучению исторических данных, в частности, при анализе состояния аграрного сектора губерний России в 19 веке и т.д. (всего приведено 10 примеров построения моделей). Все это говорит о перспективах применения феноменологических методов описания массивов темпоральных данных при анализе систем различной природы.

Список литературы

1. Аверин Г.В. Системодинамика. – Донецк: Донбасс, 2014. – 405 с.
2. Зягинцева А.В. Вероятностные методы комплексной оценки природно-антропогенных систем / Под науч. ред. Г.В. Аверина. – М.: Спектр, 2016. – 257 с.
3. Аверин Г.В. Естественнонаучные методы в философии: о принципах математического моделирования в диалектике // Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе. – 2018. – № 1(14)–2(15). – С. 11–44
4. Аверин Г.В. О некоторых феноменологических закономерностях биологической жизни // Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе. – 2016. – № 1(10)–2(11). – С. 11–31
5. Аверин Г.В. О принципе существования и законе возрастания энтропии в свете общесистемных представлений системодинамики // Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе. – 2015. – № 1(8) – 2(9). – С. 11–31
6. Аверин Г.В., Зягинцева А.В. О справедливости принципа соответственных состояний для систем различной природы // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Экономика. Информатика. – 2017. – №16 (265), вып. 43.– С. 104–112.

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ВОЗРАСТА И ПОЛА ЧЕЛОВЕКА

Биленко А.Ю., Нестругина Е.С., канд. техн. наук, доц.,
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
andrysik1997@gmail.com

Введение. В наше время искусственные интеллектуальные системы получили заслуженную популярность, благодаря неисчерпаемым возможностям и эффективности использования. Огромное количество задач находит сегодня практическое решение с использованием интеллектуальных систем, в таких областях, как математика, авионика, биофизика, безопасность и охранные системы, экономика и бизнес, робототехника, медицина и т.д. [1].

Такое множество областей применения, говорит о том, что интеллектуальные системы являются уникальным набором для решения вопросов анализа и обработки большого объема данных, решения задач разного уровня сложности. В настоящее время в системах искусственного интеллекта активно используются искусственные нейронные сети.

Нейронная сеть – это вычислительная структура, которая состоит из множества элементов одного типа. Элементы осуществляют выполнение простых функций, а все процессы, которые происходят в ИНС, можно сопоставить с процессами, которые происходят в нервной системе живых организмов [2].

Цель. Основная цель работы заключается в выборе типа нейронной сети, а также реализации распознавания необходимых показателей для решения практической задачи распознавания возраста и пола человека.

Основная часть. С увеличением роста популярности свёрточных нейронных сетей стала актуальна задача определения возраста и пола человека по изображению лица. При помощи нейронных сетей появилась возможность найти особенности лица, которые незаметны взгляду человека, и интерпретировать эти особенности и их совокупность как возрастные характеристики. На основании проведённого анализа существующих подходов по распознаванию возраста и пола человека, были определены наиболее удобные и современные средства для разработки программы с использованием свёрточных нейронных сетей [3].

На сегодняшний день потенциал свёрточных нейронных сетей до конца не раскрыт. Исследования в этой области могут помочь создать высокоточные системы компьютерного зрения, распознавания сложных комплексных объектов.

Самым популярным высокоуровневым языком программирования с динамической семантикой в настоящее время является Python. Он

довольно прост для работы и чтения. Его использование снижает стоимость разработки и обслуживания программ. Python считается самым простым и распространенным языком программирования [4].

Работа специалиста по машинному обучению заключается в систематизации и анализе данных, а затем на основе полученной информации создании алгоритмов для искусственного интеллекта. Python лучше всего подходит для выполнения таких задач. Он довольно понятный по сравнению с другими языками, у него отличная производительность при обработке данных [4]. Поэтому именно Python был выбран для реализации поставленных задач.

Еще одной из основных причин, почему Python используется для машинного обучения, является наличие множества фреймворков, которые упрощают процесс написания кода и сокращают время на разработку. В данном случае был выбран достаточно известный и мощный фреймворк для глубокого машинного обучения Tensorflow[4].

Изучив возможные реализации касательно темы работы, была найдена многофункциональная библиотека dlib, которая содержит алгоритмы машинного обучения и различные инструменты для работы с изображениями лиц. На неё распространяется тип лицензии Boost, позволяющий использовать ее в коммерческих проектах, что в свое время способствовало ее широкому распространению. Следовательно, многофункциональную библиотеку dlib целесообразно использовать в своих разработках.

Заключение. При разработке систем распознавания использование нейронных сетей позволяет структурировать плохо формализованные данные, оценить адекватность среды, в которую помещена информационная модель нейронной сети, ускорить процесс обработки данных.

В результате была выбрана информационная модель на основе сверточных нейронных сетей. Указанная модель по сравнению с полносвязной нейронной сетью (типа перцептрона) [5] имеет гораздо меньшее количество настраиваемых весов, так как одно ядро весов используется целиком для всего изображения вместо того, чтобы делать для каждого пикселя входного изображения свои персональные весовые коэффициенты. Выбранная модель подходит по внутренней структуре и математическому описанию, кроме того, предусматривает разные подходы к решению задачи.

Проанализировав все известные средства для решения конкретной проблемы, и, выбрав описанные в статье, планируется провести работу по определению возраста и пола человека на различных фотографиях, используя для обучения большие наборы данных [6], а так же осуществить возможность определения заданных показателей не только на фотографиях, но и в режиме реального времени. Это является более сложной задачей, и для ее решения потребуется применение более мощных инструментов для разработки.

Список литературы

1. Фатхи В.А. Распознавание эмоций с помощью нейронных сетей. [Электронный ресурс] / В. Г. Мохно // Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей VI Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2019. – С. 45-47.
URL: <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2019/01/МК-469-Сборник.pdf#1> (дата обращения: 10.08.2020).
2. Нейронные сети: полный курс. С. Хайкин. 2-е издание, Издательский дом Вильямс, 2008. – 1104 с.
3. Пакулич Д.В. Распознавание возраста по изображению лица с использованием свёрточных нейронных сетей / С.А. Якимов, С.А. Алямкин // Автометрия. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2019. – Т. 55, № 3. – С. 52–61.
4. Капоор А. Почему Python используется для машинного обучения? NOP [Электронный ресурс]. – URL: <https://nuancesprog.ru/p/3639/> (дата обращения: 10.08.2020).
5. Минский М., Персептроны / С Пейперт.– М.: Мир. 1971 – 260 с.
6. Татьянкин В.М. Подход к формированию архитектуры нейронной сети для распознавания образов / В.М. Татьянкин // Вестник Югорского государственного университета. – 2016. – № 2 (41). – С. 61–64.

УДК 004.02

РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОСЕРВИСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ TELEGRAM.BOT.API

Бодряга В.В., Михайский И.В.

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

Введение. Информационная система – автоматизированная система, предназначенная для организации, хранения, пополнения, поддержки и представления пользователям информации в соответствии с их запросами [1].

Взаимодействие информационной системы с потребителем, является одним из ресурсов, позволяющих повысить производительность труда и эффективность его деятельности. Использование информационных ресурсов таким образом позволяет минимизировать расход всех других видов ресурсов (материальных, трудовых, финансовых, вычислительных) при информационном обеспечении потребителей [2].

Актуальность проблемы. Обусловлена высокой популярностью мессенджеров и таких средств автоматизации как чат-боты среди пользователей сети Интернет. Чат-боты позволяют упростить ежедневные рутинные задачи автосервиса и его взаимодействие с клиентами.

Автоматизация работы автосервиса с использованием информационной системы позволит уменьшить бумажный документооборот между клиентом и мастерской, что позволит ускорить процесс формирования

заказа, обмена информацией, а также уменьшить затраты средств на расходные материалы.

Целью работы заключается в проектировании и разработки информационной системы поселения и организации электронного документооборота с администрацией общежития.

Постановка задачи. При разработке интерфейса автоматической вопросно-ответной системы автосервиса будут учитываться существующие стандарты дизайна, а также потребности будущих пользователей.

Интерфейс будет состоять из следующих кнопок, отвечающих за взаимодействие с автоматической вопросно-ответной системой (рис. 1): главное меню; меню выбора запчастей; просмотр текущего заказа; контакты. На рис. 2 показана карта автоматической вопросно-ответной системы автосервиса.

Информационная система предполагает наличие следующего функционала:

- предоставление пользователю информации об услугах автосервиса (название, тип и цена услуги);
- предоставление клиенту возможности выбора и заказа автозапчастей;
- предоставление получения информации об общей стоимости заказа клиента в любой момент;
- предоставление доступа клиента к списку заказанных им деталей с возможностью удаления;
- предоставление пользователю основной информации об автосервисе (адрес, телефон, режим работы).



Рис. 1. Схема диалогового окна telegram bot

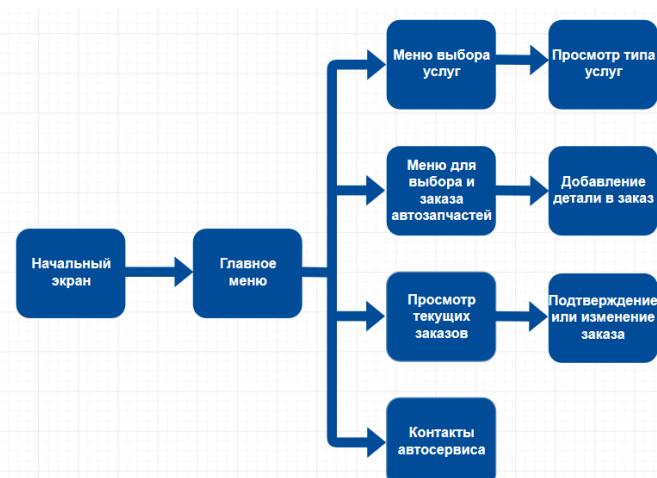


Рис. 2. Карта информационной системы

Результаты. В ходе выполнения получен полнофункциональный продукт для клиентов автосервиса с возможностью использования мобильного приложения. С его помощью пользователи смогут получать необходимую информацию и создавать заявки на услуги.

При разработке административной части информационного приложения были использованы современные web-технологии: JavaScript, Node.js, Express.js, Koa.js.

Система предоставляет пользователям возможность выбора и заказа автозапчастей. Помимо этого, клиенту предоставляется подробная информация об услугах автосервиса (название, тип и цена услуги), об общей стоимости заказа, список заказанных деталей с возможностью удаления и просмотр основной информации об автосервисе (адрес, телефон, режим работы).

Список литературы

1. Семакин И.Г., Хеннер Е.К. Информационные системы и модели. – СПб: Бином. Лаборатория знаний, 2012. – 304 с.
2. Сенкевич Г.Е. Информационная система малого предприятия «с нуля». Самое необходимое. – СПб: БХВ-Петербург, 2012. – 400 с.

УДК 519.6:004.5

КООРДИНАТНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ НА ЛАБОРАТОРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СТЕНДАХ

Болонов Н.И., д-р техн. наук, проф., **Бодня А.С.**,
Ломонос Г.Т., **Хрипунов Р.А.**

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
lomonos.gn@gmail.com

Введение. Многие исследуемые физические процессы, требуют измерения подвижным измерителем. Измерения движущимся преобразователем являются актуальными при исследовании явлений в атмосфере, в океане, в технологических системах [1]. В данной работе приведены результаты создания аппаратно-программного устройства информационно измерительной системы (ИИС) для автоматизации проведения измерений на лабораторных экспериментальных стенах.

Основная часть. Создание аппаратно-программного устройства ИИС включало разработку микроконтроллерной системы управления перемещением первичного измерительного преобразователя в 2-х координатной системе относительно исследуемого физического процесса на лабораторной экспериментальной установке и разработку АРМ оператора-исследователя для управления данной микроконтроллерной системой при проведении измерений. Для механического перемещения модуля с измерительными преобразователями была выбрана схема CoreXY кинематики конструкции 3D принтера в вертикальном исполнении [2]. Рабочее поле составляет 400×1030 мм. Подвижной модуль с первичным

преобразователем может передвигаться как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, что позволяет проводить измерения в любой точке исследуемого физического процесса. Основными особенностями данной координатной системы являются: точное позиционирование измерительного преобразователя в вертикальной и горизонтальной плоскости с точностью 0,3мм, компьютерное управление перемещением измерительного преобразователя по предварительно заданной программе, полная автоматизация выполняемых измерений с точным указанием координаты и продолжительности записи реализации. Также особенностью данной координатной системы является весовая сбалансированность подвижной части, реализованная с помощью двух противовесов.

Микроконтроллерный блок управления собран на платформе Arduino, который через силовые драйверы A4988 управляет двумя шаговыми двигателями, которые в свою очередь через систему зубчатых ремней согласованно осуществляют перемещение подвижных кареток и закрепленного на одной из них первичного преобразователя. Общий вид экспериментальной установки и схема информационных потоков показана на рис. 1.

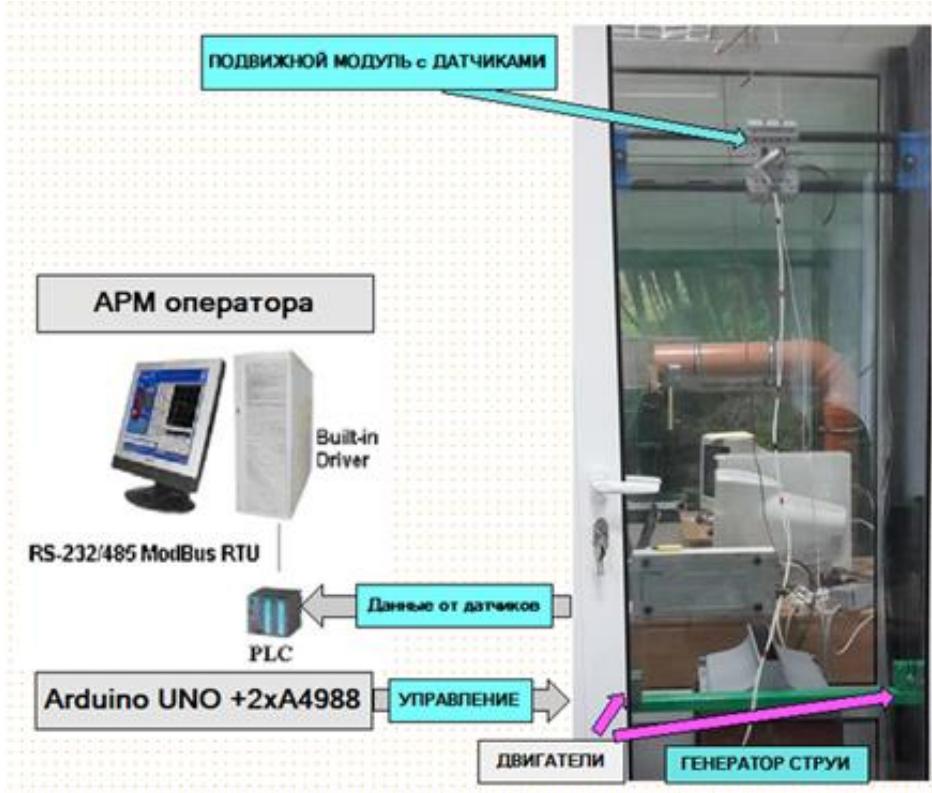
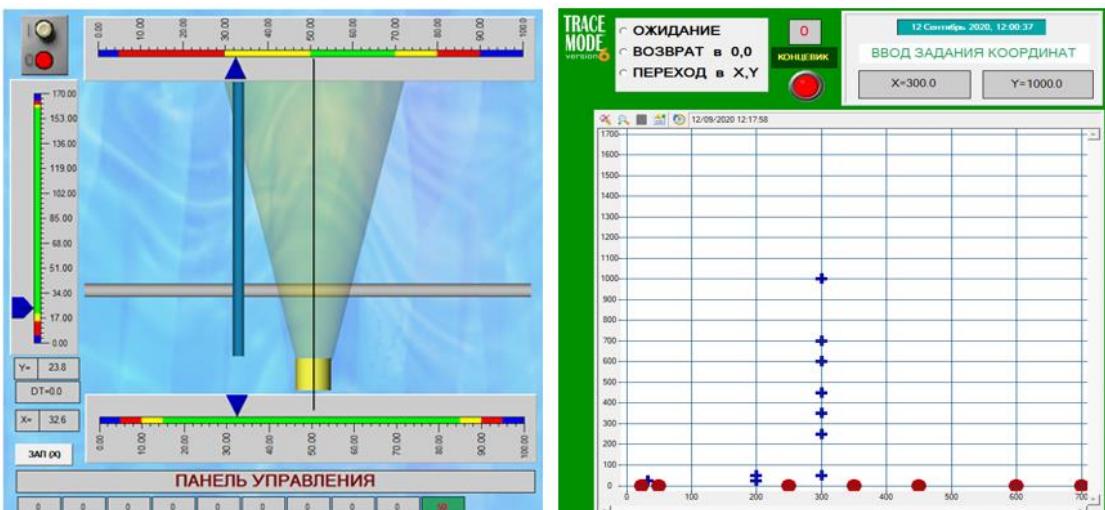


Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки

Для реализации АРМ оператора была использована высокотехнологичная программная система для автоматизации технологических процессов – SCADA TRACE MODE ® [3]. Графические экраны АРМ оператора представлены на рис. 2.



Экран № 1

Экран № 2

Рис. 2. Графические экраны АРМ оператора

Здесь на экране № 1 расположены элементы управления для задания оператором-исследователем программы проведения эксперимента, ввод массива значений координатных точек и скорости перемещения подвижного модуля. На экране № 2 отображается траектория перемещения измерительного преобразователя по координатной плоскости в режиме реального времени, срабатывание датчиков границ пространства координат и дополнительный режим задания координат для передвижного модуля во время проведения измерений. Основной функцией программного обеспечения АРМ оператора является планирование проведения эксперимента и передача команд управления контроллеру, управляющему движением подвижного модуля с установленными на нем измерительными преобразователями.

Обмен данными между АРМ оператора и контроллером Arduino выполняется по интерфейсу USB и протоколу Modbus RTU на основе использования библиотеки Modbus-Master-Slave-for-Arduino [4].

Разработанное аппаратно-программное устройство ИИС прошло успешное испытание при проведении измерений на кафедре Физики неравновесных процессов метрологии и экологии (ФНПМиЭ) им. И. Л. Повха на экспериментальной установке для исследования течений плоской затопленной струи в условиях изоляции от влияний внешней среды.

Заключение. Разработанный программно-аппаратный комплекс ИИС позволяет автоматизировать процесс проведения измерений, сократить время измерений, сделать их более точными, а также экономить время и энергоресурсы, затрачиваемые на проведение экспериментальной работы.

Использование для разработки программного обеспечения АРМ оператора системы **SCADA TRACE MODE** ® позволило минимизировать сроки разработки и приступить к экспериментальным исследованиям.

Применение схемы CoreXY кинематики конструкции 3D принтера существенно упростило конструкцию 2-х координатной системы, снизило материалоемкость и количество сложных элементов.

Список литературы

1. Развитие струйных течений в слоисто-стратифицированной среде / Н.И. Болонов // Научная школа Ивана Лукича Повха : к 100-летию со дня рождения. – Донецк, 2009. – Раздел 3. – С.104–143.
2. CoreXY против H-Bot. Сравнение кинематики в физической симуляции. – [Электронный ресурс] – URL: <https://3dtoday.ru/blogs/faberant-3d/corexy-protiv-h-bot-sravnenie-kinematiki-v-fizicheskoy-simulyatsii/> – (Дата обращения 7.04.2020).
3. Руководство пользователя SCADA TRACE MODE 6. – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.adastral.ru/products/rukovod/> – (Дата обращения – 17.04.2020).
4. Modbus Master-Slave library for Arduino. – [Электронный ресурс] URL: <https://github.com/smarmengol/Modbus-Master-Slave-for-Arduino>. – (Дата обращения – 7.02.2020).

УДК 004.4, 378.146

ПРИМЕНЕНИЕ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНИКА «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ И ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В СТАЛЬНЫХ СЛИТКАХ»

Бондаренко В.И., канд. техн. наук
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
bondarenko@donnu.ru

Введение. Электронные учебные пособия являются составной частью процесса цифровизации обучения и все чаще используются в учебных заведениях. Особенно актуальным их использование становится при массовом переходе на дистанционное обучение в период пандемии Covid-19. При этом современное электронное пособие должно предоставлять возможность обратной связи студента с преподавателем.

Основная часть. На базе лаборатории моделирования кафедры физики неравновесных процессов, метрологии и экологии ДонНУ был разработан и продолжает совершенствоваться электронный учебник (ЭУ) «Математическое моделирование гидродинамических и теплообменных процессов в стальных слитках» [1]. Распространяется ЭУ в виде файла-инсталлятора, который устанавливает все его компоненты на компьютер пользователя.

Электронный учебник включает в себя теоретическую часть и лабораторные работы [2]. В теоретической части приведено подробное изложение математических моделей для различных видов гидродина-

мических и теплообменных процессов. Математическая модель включает систему нелинейных уравнений в частных производных переноса импульса, энергии, неразрывности и условий однозначности, которые решаются методом конечных разностей [3].

Существенную часть учебника составляют лабораторные работы, которые представляют собой прикладные расчетные программы, созданные с помощью разработанной авторами технологии [4].

Запуск лабораторных работ осуществляется с помощью отдельной программы-оболочки, входящей в состав ЭУ. Данная оболочка является легко расширяемой и позволяет редактировать список лабораторных работ, добавлять работы или удалять.

В ходе расчета студент получает распределение линий тока, изотермы, эпюры компонент скорости, температуры и доли твердой фазы, определяет величину открытой и закрытой усадочной раковины и пр. В процессе моделирования на жесткий диск записывается журнал расчета, по которому преподаватель оценивает правильность выполнения работы (рис. 1).

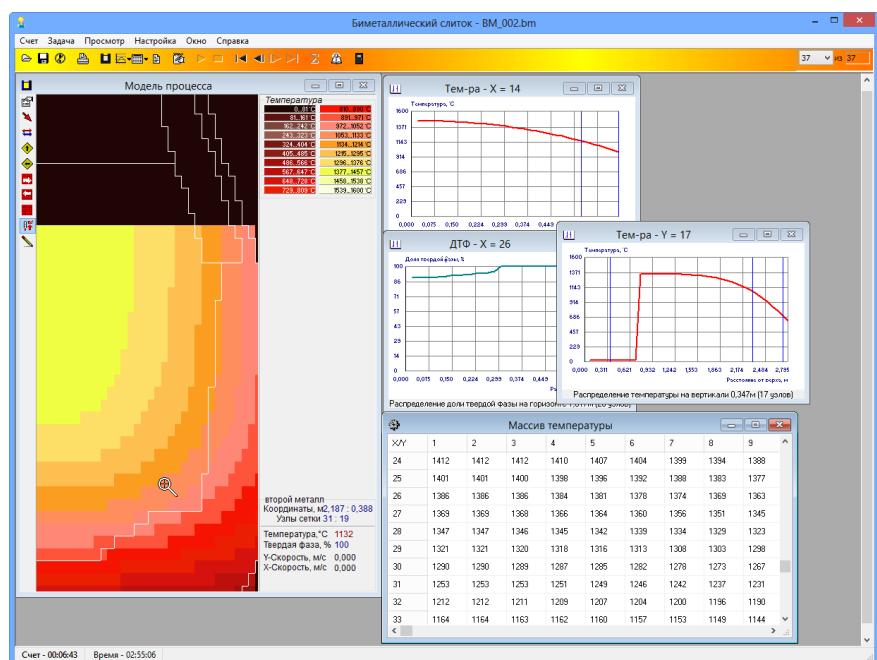


Рис.1. Выходной поток данных в ходе выполнения лабораторной работы

При этом возникает проблема передачи результатов моделирования преподавателю при дистанционном обучении. Наиболее доступные способы: отправка архивов по электронной почте, с помощью мессенджеров или социальных сетей – неудобны, так как требуют потери времени на архивирование журналов, отправку, получение преподавателем, распаковку, загрузку в программу для проверки. Более удобным является использование облачных папок, которые синхронизируются между студентом и преподавателем. Но тогда со стороны

студента требуется установка и настройка программы клиента облачного хранилища, что кажется чрезмерным для выполнения нескольких лабораторных работ и не является простой задачей для студентов непрофильных специальностей.

Оптимальным решением представляется загрузка в облако результатов моделирования непосредственно из расчетной программы. Для этого предлагается использование интерфейса прикладного программирования (Application Programming Interface, API) облачного сервиса хранения информации.

Рассмотрим реализацию на примере использования REST API Яндекс.Диск.

Для доступа к данным облачного хранилища из других приложений или сторонних сервисов Яндекс использует открытый протокол авторизации OAuth 2.0. Согласно протоколу, разработчик регистрирует приложение на OAuth-сервере Яндекса и запрашивает доступ к определённым данным. Авторизованный пользователь разрешает или запрещает его. При использовании OAuth-протокола пользователь не вводит свой пароль в приложении, поэтому учётная запись не может быть скомпрометирована. Документация по регистрации приложения приведена на веб-ресурсе Яндекс [5].

После регистрации приложения доступен его ID и пароль, который потребуется дальше для получения токена. Так как приложения лабораторных работ написаны на языке Delphi, то для получения токена используется компонент OAuth2Authenticator.

Для загрузки файлов в облако используются компоненты RESTClient и RESTRequest. Непосредственно загрузка осуществляется с помощью функции UploadFile, которая отправляет файл на Яндекс.Диск.

В настройках программы лабораторной работы студент указывает облачную папку (как правило, название совпадает с фамилией студента), в которую будут загружаться результаты работы и журнал моделирования.

Если на компьютере преподавателя настроена синхронизация папок с облачным хранилищем, то результаты работы ему будут доступны сразу, как только студент начнет выполнять лабораторную работу.

Аналогичным образом можно настроить выгрузку результатов моделирования для других облачных хранилищ, таких как dropbox, google drive, облако mail.ru и т.п.

Заключение. Усовершенствован электронный учебник для обучения студентов математическому моделированию гидродинамических и теплообменных процессов в стальных слитках. Добавлена возможность выгрузки журналов моделирования и результатов выполнения лабораторных работ в облачные хранилища без использования сторонних программ, что является актуальным в условиях дистанционного обучения.

Список литературы

1. Недопекин Ф.В. Программный продукт «Математическое моделирование гидродинамических и теплообменных процессов в стальных слитках» / Ф.В. Недопекин, В.В. Белоусов, В.И. Бондаренко, В.М. Кондратенко. – Украина: Свидетельство о регистрации авторского права на произведение №47898, 2013.
2. Бондаренко В.И. Электронный учебник «Математическое моделирование гидродинамических и теплообменных процессов в стальных слитках» / В.И. Бондаренко, Ф.В. Недопекин, В.В. Белоусов, В.Е. Силенко // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 4. – № 2. – С. 15-20.
3. Bondarenko V.I. The mathematical model of hydrodynamics and heat and mass transfer at formation of steel ingots and castings / V.I. Bondarenko, V. V. Bilousov, F. V. Nedopekin, J.I. Shalapko // Archives of Foundry Engineering. – 2015. – Т. 15. – № 1. – С. 13-16.
4. Бондаренко В.И. Программная система для моделирования процесса тепломассопереноса при разливке и затвердевании стали / В.И. Бондаренко // Вестник Донецкого национального университета. Серия А. Естественные науки. – 2009. – № 2. – С. 103-110.
5. Доступ к API – Технологии Яндекса [Электронный ресурс]. – URL: <https://yandex.ru/dev/disk/api/concepts/quickstart-docpage/> (дата обращения: 16.09.2020).

УДК 004.75

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА НАУЧНЫХ И МЕТОДИЧЕСКИХ ПУБЛИКАЦИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВУЗА

Буденко П.А., Бондаренко В.И., канд. техн. наук
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
anton.smile.1998@gmail.com

Введение. Наличие на всех кафедрах факультета активно работающих научных школ и направлений является залогом высокопрофессиональной подготовки студентов, а максимально раннее участие студентов в серьезных научных исследованиях – уникальной отличительной чертой классического университетского образования. Сотрудники факультета достигают значительных успехов в науке, принимая участие в различных научных конференциях и семинарах. Молодые сотрудники проводят учебно-методические и научные исследования.

В современной деятельности высшего учебного заведения предъявляются определенные требования к интеллектуальному анализу публикаций при формировании ежегодных отчетов по научной работе кафедр. В различных ВУЗах разработаны и внедрены системы государственного учета результатов научно-исследовательских работ.

Необходимо вести учет результатов научно-исследовательской деятельности на ранних этапах и проводить регулярный анализ, то есть непрерывное наблюдение и регистрацию параметров, которые могли бы

охарактеризовать научную активность сотрудников и эффективность научно-исследовательской деятельности, проводимой в ВУЗе.

Из этого следует необходимость построения моделей интеллектуального анализа научных и методических публикаций преподавателей ВУЗа.

Цель работы – построение моделей интеллектуального анализа и применение их для научных и методических публикаций преподавателей ВУЗа.

Основная часть. Модель интеллектуального анализа данных — это пустой объект до тех пор, пока он не будет обработан. При обработке модели данные, кэшированные структурой, передаются через фильтр, если он определен в модели и анализируется алгоритмом. Алгоритм рассчитывает набор сводных статистических данных, описывающих данные, определяет правила и закономерности в данных, а затем использует эти правила и закономерности для заполнения модели.

После обработки модель интеллектуального анализа данных содержит обширную информацию по данным и закономерностям, найденным с помощью анализа, включая статистику, правила и формулы регрессии. Для просмотра этих сведений можно использовать пользовательские средства просмотра или создать запросы интеллектуального анализа данных для получения этих сведения и использования для анализа и представления.

Анализ данных предполагается проводить в среде Microsoft SQL Server Analysis Services [1].

Модель интеллектуального анализа данных создается путем применения алгоритма к данным. Модель интеллектуального анализа данных получает данные из структуры интеллектуального анализа данных, а затем анализирует их с помощью алгоритма интеллектуального анализа данных. Структура интеллектуального анализа данных и модель интеллектуального анализа данных являются отдельными объектами. Структура интеллектуального анализа данных хранит сведения, определяющие источник данных. Модель интеллектуального анализа данных хранит информацию, полученную из статистических вычислений, например, шаблонов, найденных в результате анализа. После обработки модель интеллектуального анализа данных содержит метаданные, результаты и привязки к структуре интеллектуального анализа данных.

Метаданные указывают имя модели и сервер, где она хранится, а также определение модели, включая столбцы из структуры интеллектуального анализа данных, которые использовались при построении модели, определения фильтров, которые были применены при обработке модель и алгоритм, который использовался для анализа данных. Все эти варианты выбора — столбцы данных и их типы данных, фильтры и алгоритмы — обладают мощным влиянием на результаты анализа.

Например, можно использовать одни и те же данные для создания нескольких моделей, используя, возможно, алгоритм кластеризации,

алгоритм дерева принятия решений и упрощенный алгоритм Байеса. Каждый тип модели создает разные наборы шаблонов, наборов элементов, правил или формул, которые можно использовать для создания прогнозов. Обычно каждый алгоритм анализирует данные по-другому, поэтому содержимое результирующей модели также организовано в разные структуры. В модели одного типа данные и шаблоны могут быть сгруппированы в кластерах. В модели другого типа данные могут быть организованы в деревья, ветви и правила, разделяющие и определяющие их.

На модель также влияют данные, по которым они обучены: даже модели, обученные в одной и той же структуре интеллектуального анализа данных, могут получить разные результаты, если данные фильтруются по-разному или при анализе используются разные начальные значения. Однако фактические данные не хранятся в сводной статистике модели, а фактические данные находятся в структуре интеллектуального анализа данных. Модель содержит набор привязок, которые указывают на данные, кэшированные в структуре интеллектуального анализа данных. Если данные были кэшированы в структуре и не были удалены после обработки, эти привязки позволяют детализировать результаты до вариантов, которые поддерживают результаты. Однако фактические данные хранятся в кэше структуры, а не в модели.

Для создания модели интеллектуального анализа данных необходимо выполнить следующие общие действия.

- Создать базовую структуру интеллектуального анализа и включить в нее столбцы данных, которые могут потребоваться.
- Выбрать алгоритм, который лучше всего подходит для аналитической задачи.
- Выбрать столбцы из структуры для использования в модели и укажите, как они должны использоваться. какой столбец содержит результат, который необходимо спрогнозировать, какие столбцы предназначены только для ввода и т. д.
- При необходимости задать параметры для точной настройки обработки алгоритмом.
- Заполнить модель данными, обрабатывая структуру и модель.

Analysis Services предоставляет следующие средства, помогающие управлять моделями интеллектуального анализа данных:

- Мастер интеллектуального анализа данных помогает создать структуру и связанную с ней модель интеллектуального анализа данных. Это самый простой способ использования. Мастер автоматически создает необходимую структуру интеллектуального анализа данных и помогает настроить важные параметры.
- Для определения модели можно использовать инструкцию расширения интеллектуального анализа данных CREATE MODEL. Необходимая структура создается автоматически как часть процесса.

Таким образом, нельзя повторно использовать существующую структуру с этим методом. Для добавления новой модели интеллектуального анализа данных в существующую структуру можно использовать инструкцию расширений интеллектуального анализа данных ALTER STRUCTURE ADD MODEL.

Модели интеллектуального анализа данных также можно создавать программно с помощью объектов АМО или XML/A либо с помощью других клиентов, таких как клиент интеллектуального анализа данных для Excel.

Заключение. Эффективное и качественное управление кафедрой, основанное на применении моделей интеллектуального анализа является одним из основных условий для ее успешного развития, а также выпуска востребованных рынком труда специалистов; должно основываться на полной, достоверной и актуальной информации. Из этого следуют, что построение моделей интеллектуального анализа научных и методических публикаций преподавателей ВУЗа – задача актуальная и своевременная.

Список литературы

1. Модели интеллектуального анализа данных (Analysis Services-Data Mining) [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/analysis-services/data-mining/mining-models-analysis-services-data-mining?view=asallproducts-allversions/> (дата обращения 03.06.2020).

УДК 615.849

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЯЖЁЛОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ ШАХТЫ ИМ. А.А. СКОЧИНСКОГО. СПОСОБЫ СОКРАЩЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПО СРЕДСТВАМ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И УЧЁТА

Винник А.О., Мартыненко А.М.,
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
vinnik_21@bk.ru

Введение. Тяжёлая промышленность – совокупность промышленных отраслей, которые занимаются добычей и переработкой различных полезных ископаемых. К этим отраслям относятся: химическая, металлургическая, выработка полезных ископаемых, тяжелое машиностроение [6]. Для нашего региона тяжелая промышленность – это не только стержень экономического обеспечения, но и причина становления Донбасса. Донбасский угольный бассейн занимает десятое место в мире

по залежам угля (141 миллиард тонн) [7], что обуславливает развитую добывающую отрасль. Тяжёлая промышленность приносит много материальных и экономических средств, но и требует затрат огромного количества ресурсов, например: электроэнергии.

Цель статьи – обоснование разработки и внедрения программного обеспечения (далее ПО) для эффективного энергосбережения на предприятиях тяжёлой промышленности на примере шахты им. А.А. Скочинского.

Основная часть. Шахта им. Скочинского расположена в Кировском районе г. Донецка. Под выработку, шахте отведены 100 км² с запасами 150 млн. тонн. За счёт большой температуры пластов и большого содержания метана, условия труда на данном предприятии сопряжены с огромным риском для жизни и здоровья работников шахты[1].

Для полноценного функционирования шахты и обеспечения безопасности сотрудников при разработке угольных пластов на шахте работает определенное количество различного оборудования и цехов, каждый из которых является потребителем электроэнергии. Шахта располагает следующим рядом потребителей: поверхностные объекты (71 %): главные вентиляционные установки (34,7 %); подъемные уст-ки (12,6 %); компрессорные уст-ки (5 %); дегазационные уст-ки; теплотехнические уст-ки (2,3 %); технологический комплекс (3,5 %); прочие поверхностные потребители (12,8 %); подземные объекты (29 %): главные и вспомогательные водоотливочные уст-ки (20,3 %); подземный транспорт (2,3%); добычные участки (4 %); подготовительные участки (2 %); прочие подземные устр-ва (0,4 %). Согласно данным, на январь 2017 года шахта потребила 6175,24 т. кВт./ч. Учитывая специальный тариф (пиковая зона – 4.734 руб, полупиковая – 2.6826, ночная – 0.6575 за 1 кВт/ч.) [2] на электроэнергию, вычислим во сколько обходится работы шахтного предприятия в месяц. Пиковая зона длится 6 часов, полупиковая – 11 часов и ночная – 7 часов. Плата за электроэнергию в месяц составляет: 16 085 182.6 руб. Следовательно, в год на поддержание шахты уходит 193 022 191 руб. Важно заметить, что данная сумма, это затраты на электроэнергию; не учитывая обслуживания оборудования, зарплаты сотрудникам и т.д.

Разберемся с тем, как производится контроль потребляемой электроэнергии на сегодняшний день. Рассматриваемая шахта была введена в эксплуатацию в 1975 г. [1] [4] и с тех пор реконструкции и замены оборудования практически не проводились. Аналогичная ситуация и на прочих шахтах Донбасса. То есть, вычисление потребляемой в данный момент электроэнергии тем или иным устройством на шахте происходит вручную. Например, чтобы определить, много ли потребляет энергии система вентиляции, работник сравнивает значение барометров на входе и на выходе вентилятора,

получая величину называемую депрессией. Через депрессию можно вычислить мощность вентилятора (кВт) в данный момент. Мощность на валу вентилятора (N_V) вычисляется по формуле:

$$N_V = \frac{Q_V \times H_V}{1000\eta_V}$$

где Q_V – производительность в рабочем режиме ($\text{м}^3/\text{с}$); H_V – депрессия в том же режиме, (Па); η_V – статический коэффициент полезного действия для этого режима [3].

Этот метод медленный и не позволяет полностью оценивать объёмы потребляемой электроэнергии на вентиляторах. Следовательно, не возможно следить за энергопотреблением каждого из модулей шахты в режиме реального времени.

Согласно исследованиям 2007 года, потенциал энергоснабжения любой шахты можно разделить на следующие группы: повышение эффективности работы действующего оборудования и плановая замена устаревшего – 46 %; замена энергоносителей – 37 %; утилизация тепла – 8 %; внедрение систем управления электроснабжением и электропотреблением – 3 %; снижение потерь в системах в системах электроснабжения, водоснабжения, теплоснабжения и др. – 4 %; организационные мероприятия по энергосбережению – 2 % [4].

Данные исследования актуальны и сейчас по той причине, что, как и было сказано выше, никакие реконструкции не проводились с момента введения шахт в эксплуатацию.

За границей, в том числе и в России, для уменьшения энергопотребления на шахтных предприятиях применяются следующие меры по снижению энергопотребления: модернизация и замена шахтного оборудования, а так же минимизация потерь энергоресурсов [5]. Эти два пункта заметно уменьшают энергопотребление. Однако, это невозможно без правильного мониторинга и учёта потребляемой на шахте электроэнергии. Для понимания узких мест, требуется вносить индивидуальные изменения, потому, для определения курса будущего развития, необходимы данные контроля и учёта электроэнергии, которыми шахты в нашем регионе не располагают. Для решения данной проблемы, в России в 2017 г. была предложена система АИИСТУЭ (Автоматизированная информационно-измерительная система технического учёта электроэнергии).

Решением проблем связанных с уменьшением объема энергопотребления в нашем регионе может послужить аналогичное ПО, недорогое по себестоимости, но позволяющее проанализировать узкие места каждого предприятия и позволяющее, на основе данных, предпринять соответствующие меры по уменьшению энергопотребления.

Суть данного программного обеспечения такова: на оборудование устанавливаются датчики электропотребления, которые в режиме

реального времени по средствам POST-запросов отправляют данные на сервер, откуда персональные компьютеры диспетчеров шахты по средствам GET-запросов их получают. Если потребление энергии на каком-то участке становится аномально высоким, диспетчер может мгновенно среагировать и взять ситуацию под контроль, вернув энергопотребление на данном участке в норму. И наоборот, если аномально низок, следовательно – объект неисправен, а своевременный ремонт или отключение оборудования могут спасти жизни работникам шахты. Ко всему прочему, работники шахты могут вносить собственные данные с уже установленных счётчиков, для последующего их анализа и учёта в приложении.

По истечению определенного руководством промежутка времени, проанализировав энергопотребление и затраты мощности на различных участках, можно будет сделать вывод о том, какие меры следует предпринимать в будущем, для улучшения ситуации энергопотребления на шахте.

Основываясь на исследованиях потенциала энергоснабжения, за счёт установки системы мониторинга и учёта, что само по себе является мероприятием по энергосбережению, можно уменьшить энергопотребление на 2-5 %. 5 % сэкономленной электроэнергии уменьшат затраты на 9 651 109.55 руб. в год.

Вывод. На данный момент тяжелая промышленность на Донбассе является одной из самых энергозатратных областей. На примере шахты им. А. А. Скочинского было установлено, что в случае установки ПО для мониторинга и учёта потребляемой электроэнергии можно сэкономить от 2-5 % денежных средств.

Экономия средств позволит переоборудовать энергозатратные участки шахты, за счёт чего шахта может достигнуть улучшенной экономии и увеличить безопасность сотрудников.

Список литературы

1. ГП «Донецкая угольная энергетическая компания» Описание предприятия «Шахта им. А.А. Скочинского»: документ / ГП «Донецкая угольная энергетическая компания» – Донецк, Донецкая обл. 2013. – С. 2
2. Электро потребление «Шахта им. А.А. Скочинского»: документ / ОП «Шахта им. А.А. Скочинского» – Донецк, Донецкая обл. 2017.
3. Ивановский И.Г. Шахтные вентиляторы : учебное пособие / И.Г. Ивановский. – Владивосток: Владивосток из-во ДВГТУ, 2003. – Глава 1. – С. 6-22.
4. Грядущий Б.А. Повышение энергетической эффективности угольных шахт Украины / Б.А. Грядущий, Г.Н. Лисовой, В.А. Корсун // Неделя горняка-2007. Семинар 22. (Донецк 2007 г.) – Донецк: НИИГМ, 2007. – С. 244-251.
5. Копылов К.Н. Повышение уровня учёта и контроля потребления электроэнергии подземными потребителями шахт и рудников / К.Н. Копылов, С.С. Кубрин, С.Н. Решетняк // Горный информационно-аналитический бюллетень. (2017 г.) – Москва: 2017. – №3. – С. 97-105.

6. web.archive.org: Investopedia WebArchive: сайт. – URL: https://web.archive.org/web/20121031153050/http://www.investopedia.com/terms/h/heavy_industry.asp#ixzz1rwiC3487(дата обращения: 13.09.2020).
7. mining-portal.ru: Союз горных инженеров – отраслевой портал о горнодобывающей промышленности: сайт. 2015-. – URL: <http://www.mining-portal.ru/publish/ugolnyie-mestorozdeniya-mira--top-10-/>(дата обращения: 13.09.2020).

УДК 517.997.56

ОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕПРЕРЫВНОЙ ФУНКЦИИ В ОБЫКНОВЕННОМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ УРАВНЕНИИ

Володин Н.А., канд. физ.-мат. наук, доц., **Пшеничный К.А.**

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

nvolodin@yandex.ru

Введение. При построении математических моделей некоторых физических процессов приходится рассматривать задачи идентификации параметров дифференциальных уравнений. Параметры идентификации, как правило, являются функциями времени. Рассмотрим задачу идентификации непрерывной функции, входящей в свободный член обыкновенного дифференциального уравнения.

Основная часть. Пусть в области $\Omega = (t_a, t_b)$ функция $f(t)$ удовлетворяет дифференциальному уравнению

$$A(t) \frac{df}{dt} + B(t)f + D(\beta(t)) = 0, t \in \Omega, \quad (1)$$

с начальным условием

$$f(t_a) = f_0. \quad (2)$$

Здесь $A(t), B(t), D(\beta(t))$ – непрерывные функции, $\beta(t)$ – идентифицируемый параметр, f_0 – постоянная величина.

Задачу идентификации сформулируем в следующем виде. Необходимо идентифицировать непрерывную функцию $\beta(t)$, доставляющую минимум критерию качества

$$J(\beta(t)) = \int_{t_a}^{t_b} (f(t) - f_e(t))^2 dt, \quad (3)$$

где $f_e(t)$ – экспериментально определённая функция.

Для направленной минимизации функционала (3) необходимо найти его градиент $\nabla J(t)$. Применив модифицированный метод множителей Лагранжа [1], получим градиент в виде

$$\nabla J = hf \frac{\partial D(\beta(t))}{\partial \beta}, \quad (4)$$

где $f(t)$ – решение прямой задачи (1),(2):

$$f(t) = e^{-\int_{t_a}^t \frac{B(\xi)}{A(\xi)} d\xi} \left[\int_{t_a}^t \frac{-D(\beta(\xi))}{A(\xi)} e^{\int_{t_a}^\xi \frac{B(\chi)}{A(\chi)} d\chi} d\xi + f_0 \right], \quad (5)$$

где решение сопряжённой задачи имеет вид:

$$h(t) = 2e^{-\int_{t_a}^t \frac{dA(\xi) - B(\xi)}{A(\xi)} d\xi} \left[\int_{t_a}^t \frac{f - f_0}{A(\xi)} e^{\int_{t_a}^\xi \frac{dA(\chi) - B(\chi)}{A(\chi)} d\chi} d\xi - \int_{t_a}^{t_b} \frac{f - f_0}{A(\xi)} e^{\int_{t_a}^\xi \frac{dA(\chi) - B(\chi)}{A(\chi)} d\chi} d\xi \right]. \quad (6)$$

На основе градиента (4) организуется направленная итерационная коррекция функции $\beta(t)$ [1,2]:

$$\beta^{k+1}(t) = \beta^k(t) - b^k \alpha(t) \nabla J^k(t). \quad (7)$$

Решения прямой и сопряжённой задачи (5), (6) нетривиальны для любых нетривиальных коэффициентов уравнения (1). Следовательно, функция $\beta(t)$ идентифицируема на Ω по критерию качества (3) [3].

Для расчётов приняты следующие значения функций, исходя из свойств объекта: $A(t) = 1$; $B(t) = \gamma$; $D(\beta(t)) = -\gamma T_p(t) - \omega \beta(t)$, где параметры объекта задавались равными $\gamma = 0.1213$ ед., $\omega = 1048$ ед., $T_p(t) = 261.224 + 117.551e^{-0.00144t}$.

Начальное приближение задавалось $\beta_0(t) = 0.005$. Данному приближению соответствовало максимальное расхождение функций $\max|f - f_0| = 431$ ед. за время идентификации $t_b - t_a = 500$ с.

На рис. 1 приведены результаты идентификации $\beta(t)$ за 20 итераций по алгоритму (7) для реального процесса взрывной кристаллизации расплавов металлов. Идентифицированное значение $\beta(t)$ отмечено пунктирной кривой.

При идентификации по методу (7) максимальное расхождение моделируемой и экспериментальной функций за 20 итераций составило $\max|f - f_0| = 1.165$ ед., критерий качества идентификации уменьшился в $3.6 \cdot 10^6$ раз, а норма градиента критерия качества идентификации уменьшилась в 860 раз и составила 10380. Данные результаты подтверждают высокую эффективность метода.

На рис. 2 пунктирной кривой изображена экспериментально наблюдаемая функция $f_9(t)$, а функция, соответствующая идентифицируемому значениюю $\beta(t)$, отмечена сплошной линией.

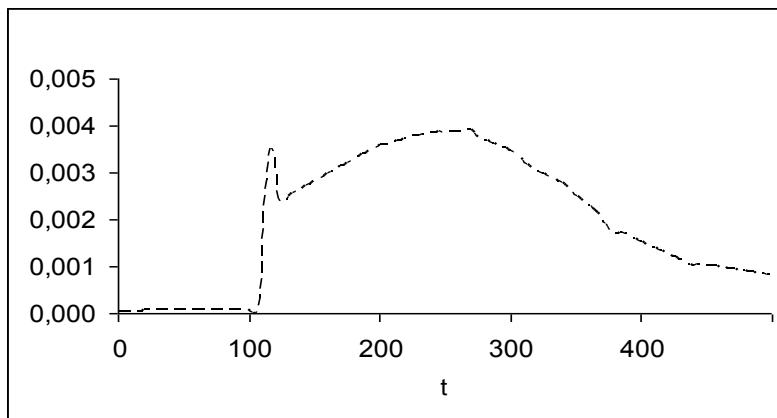


Рис. 1. Идентифицированная функция $\beta(t)$ по экспериментальным данным

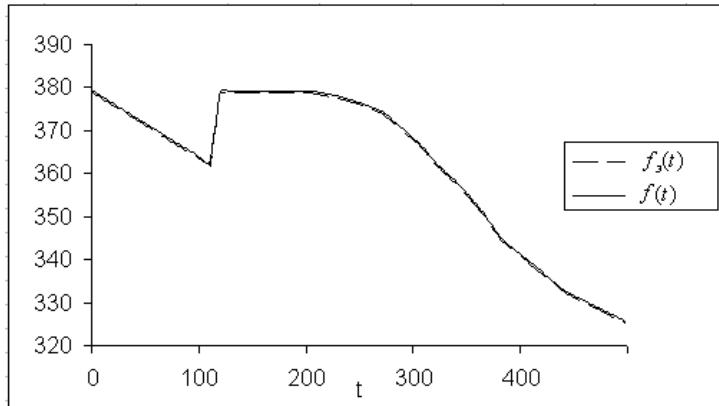


Рис. 2. Функция состояния системы $f_9(t)$

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о хорошей точности моделирования, которую обеспечивают алгоритмы параметрической идентификации, основанные на прямом экстремальном подходе, что позволяет рекомендовать их для идентификации параметров в системах, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями.

Список литературы

1. Толстых В. К. Развитие теоретических основ оптимизации и идентификации параметров в слитках и отливках / В. К. Толстых, Н. А. Володин. – Донецк : Наука і освіта, 2008. – 128 с.
2. Васильев Ф. П. Численные методы решения экстремальных задач / Ф. П. Васильев. – Москва: Наука, 1988. – 552 с.
3. Толстых В. К. Идентифицируемость систем с распределёнными параметрами / В.К.Толстых // Автоматика и телемеханика. – 1989. – №10. – С.49-56.

БЛОКЧЕЙН: ПРИНЦИПЫ И РЕАЛИЗАЦИЯ

Волошин И.В., Горчакова Л.С., Занько А.И.

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

eternal.verities19@mail.ru

Введение. Современные технологии в области информационной науки постоянно модернизируются, что проводит к появлению новых информационных продуктов. Один из них блокчейн – на данный момент один из действенных инструментов, используемых для обмена информацией и деньгами.

Блокчейн был создан до сих пор не установленным автором под псевдонимом Сатоси Накамото. В своей публикации 2008 г. Накамото определил свое изобретение как «цифровая, полностью пириговая наличность» [3]. Блокчейн может как выступить в роли части банковской системы, так и заменить ее.

Актуальность. Сегодня многие банки и государственные учреждения используют блокчейн как распределенный регистр, который существенно улучшает скорость и безопасность обмена деньгами. Блокчейн позволяет значительно снизить стоимость и уменьшить количество ошибок при проведении транзакций и хранения информации [2, с. 6–8]. Дадим два определения блокчейна – сущностное (1) и процессуальное (2).

(1) Блокчейн – программный продукт, позволяющий хранить и преобразовывать величины или данные защищенным и прозрачным способом, при отсутствии центрального управляющего органа.

(2) Блокчейн – это технология организации базы данных, которая опирается на Интернет, использует открытый протокол; ей присуща способность к расчетам и шифрованию.

Цель: разработать вариант реализации открытого блокчейн приложения.

Результатом является одноранговая сеть с элементами сложного шифрования, к которой можно обращаться посредством Application programming interface (API) для работы с блокчейн приложением. Функционал приложения разработанный авторами основан на 5 принципах [1, с. 29–42]:

1. **Принцип деловой этики** помогает решить проблему двойного расходования – расходование одной единицы цифровой валюты дважды. В программе заложен механизм консенсуса, который позволяет решать данную проблему в формате «надежной третьей стороны». Это значит, что теперь доступна платформа, которая обеспечивает доверие к транзакциям и записанной информации.

2. Принцип распределительной силы. Информация распределяется по одноранговой сети, не имеющей единого центра контроля. Вследствие этого ни одна из сторон не может «обрушить» систему. Если же какая-то влиятельный субъект сети попробует захватить над ней полный контроль, другие субъекты будут оповещены об этом. Такая платформа сможет открыть путь к новым моделям распределения и создания благ.

3. Принцип безопасности. Сеть устроена так, что обеспечивает не только конфиденциальность, но и аутентификацию и неотменяемость любого действия, поскольку каждый, кто хочет участвовать в системе должен пользоваться шифрованием. Для того чтобы обеспечить надежность платформы, применяется инфраструктура открытых ключей. Благодаря такой конструкции, субъекты могут безопасно обмениваться финансовыми ресурсами и разноплановой информацией.

4. Принцип контроля собственных данных. Неприкосновенность частной жизни является основополагающим правом человека и основой свободного общества. Наличие ключа у каждого субъекта сети, снимает проблему доверия в финансовых операциях; элиминируется необходимость идентификации личности. Следовательно, блокчейн не нуждается в хранилище личных данных.

5. Принцип сохранение прав собственности. В блокчейне мы не можем продавать то, что нам не принадлежит, не важно, о какой собственности идет речь – материальной или интеллектуальной. Невозможно так же торговать от чужого имени в качестве агента. Все это осуществимо посредством смарт-контракта. Последний позволяет передавать некоторые полномочия другой стороне. Смарт-контракт регулирует временные рамки использования собственности, ее объем, логистику и т. д. Смарт-контракт подписывается с помощью личных ключей.

Заключение. В данной работе репрезентируется функционирующее приложение блокчейн. Удобный программный интерфейс делает процесс работы с блокчейном легким и доступным для любого программиста. На наш взгляд, технология блокчейна уместна для внедрения в повседневную жизнь человека. На данный момент она является одним из самых эффективных методов обмена ресурсами, защиты информации и прав человека.

Список литературы

1. Тапскотт Д. Технология блокчейн: то, что движет финансовой революцией сегодня / Д. Тапскотт, А. Тапскотт; [пер. с англ. К. Шашковой, Е. Ряхиной]. – М., Эксмо, 2018. – 270 с.
2. Лелу Л. Блокчейн от А до Я. Все о технологии десятилетия / Лоран Лелу; [пер. с фран. Степанова А. Н.]. – М., Эксмо, 2018. – 190 с.
3. Satoshi Nakamoto Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. – Режим доступа: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Воробьев С.А., Решетняк Т.А., Винниченко Е.М., Скопич Т.И.

ГУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела (РАНИМИ)», г. Донецк, ДНР

ranimi@ranimi.org

Ретроспективный анализ развития технологии добычи угля показывает, что для нормального функционирования технологической цепи при ее совершенствовании резко возрастает потребность в информационно-прогнозном обеспечении оператора данными о состоянии не только применяемого оборудования, но и взаимодействующих с ним систем (энергоснабжение, окружающая среда, горный массив). Как показывает накопленный в мире опыт, решение этих задач целесообразно на основе использования геоинформационных систем (ГИС). За рубежом уже реализован ряд разработок, доказавших свою безусловную незаменимость. Их внедрение возможно, но связано с трудностями адаптации. Кроме того, применение зарубежных разработок означает крайне нежелательную зависимость решения стратегических для государства задач от иностранного производителя. По этой причине создание отечественной геоинформационной системы такого назначения является задачей первостепенной важности. ГИС должна опираться на базу данных объектов предприятия, в которой содержится информация о состоянии элементов, узлов и других составляющих звеньев технологической цепи шахты.

После анализа существующих технологий в институте была адаптирована для решения задач отрасли технология формирования цифровой модели горных планов по растровой основе в режиме экранной дигитализации с использованием послойной организации данных с помощью программы Интелвек (Россия). Растворные основы в формате tiff получаются на основе сканирования горной графических документов. На выходе получаются электронные векторные карты, планы, схемы в формате F20V. Затем карты конвертируются в обменные форматы программ сопровождения. Данная технология позволяет получать электронные планы, соответствующие требованиям действующих нормативных документов в кратчайшие сроки и с малыми материальными затратами. Позднее в данную технологию была интегрирована разработанная в институте ГИС ГеоМарк, позволяющая оптимизировать ряд технологических процессов [1-4].

Базовый комплект системы позволяет разработать электронную модель шахты в виде планов горных работ (см. рис. 1), выполнять

построение пространственной модели месторождения с пластовым залеганием полезного ископаемого с использованием методов триангуляции, как на основе геологической базы данных, так и на основе данных, введенных иным способом, выполнять подсчет запасов полезного ископаемого.

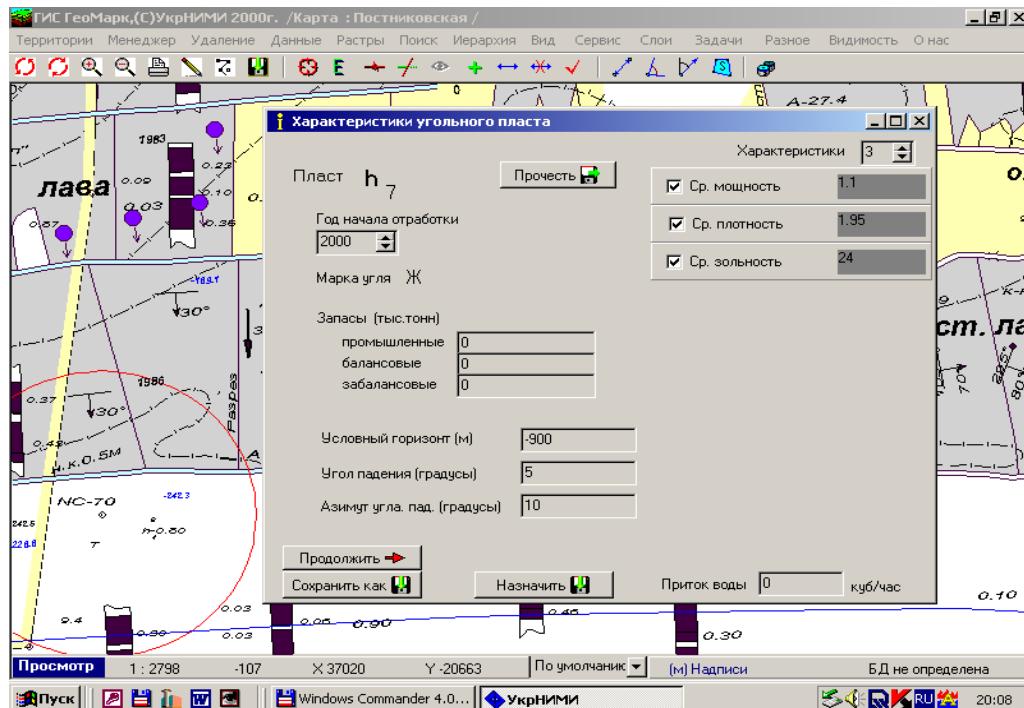


Рис. 1. Пример плана горных выработок с заполнением базы данных по выемочному участку

Также система позволяет выполнять расчет зон повышенного горного давления, зон безопасного ведения горных работ с отображением результатов расчета на электронных планах горных работ (с возможностью вывода на печать), обеспечивает решение ряда иных геолого-маркшейдерских задач.

Кроме этого на базе созданной ГИС был реализован пилотный проект системы принятия решений в чрезвычайных ситуациях, возникающих на горном предприятии. Система обеспечивает выдачу информации по шахте, по участку, по маршрутам движения групп спасателей, по путям выхода людей, по наличию спасательных средств и т.д., (план ликвидации аварий конкретного участка). Для примера на рис. 2 приведен пример рабочего окна системы отображающей план ликвидации аварии в случае внезапного выброса.

Так же были рассмотрены вопросы по созданию системы расчета зоны техногенной катастрофы на поверхности в случае выброса либо разлива опасных веществ на поверхности и вопросы помощи при принятии решения по локализации и ликвидации последствий аварий на объектах.

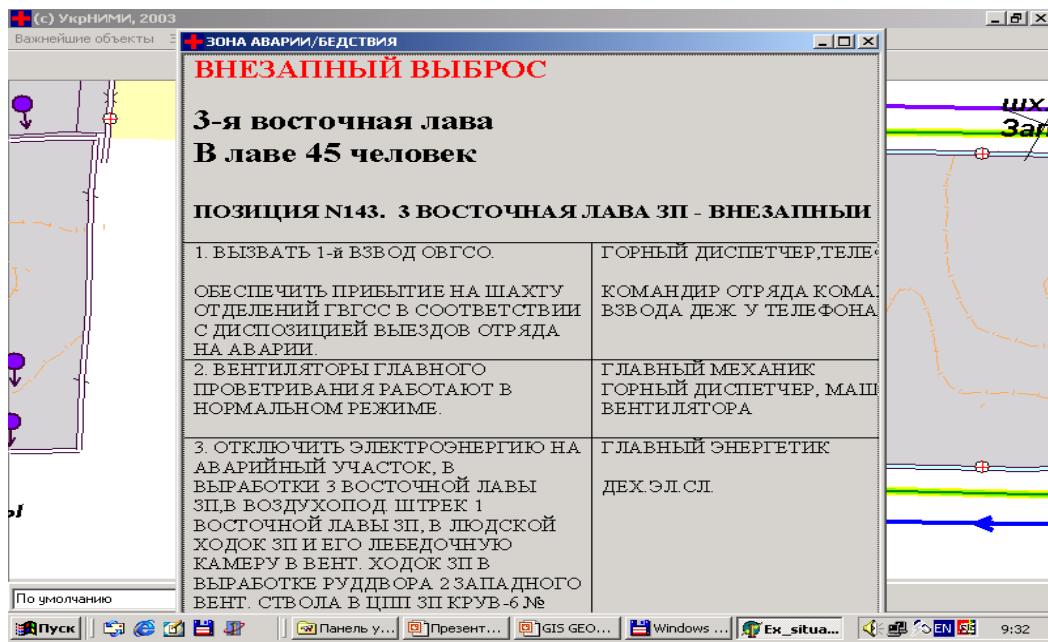


Рис. 2. Пример рабочего окна системы отображения плана ликвидации аварии «внезапный выброс в лаве»

Список литературы

1. Глухов А. А. Разработка геоинформационной системы, ориентированной на задачи горнодобывающей отрасли / А. А. Глухов, А. В. Анциферов, А. А. Омельченко // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1998. – №4 (105). – С. 79 – 87.
2. Воробйов С.О. Досвід застосування геоінформаційних систем при створенні електронних планів для вугільних підприємств України / С. О. Воробйов, О. О. Глухов, В. В. Набокова // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2003. – №63. – С.279 – 282.
3. Глухов А. А. Разработки УкрНИМИ в области ГИС для решения задач угледобывающей отрасли / А. А. Глухов, А. В. Анциферов, Б. И. Селяков // Сб. научн. тр. НГА Украины. – №7, т. 1. – 1999. – С.80 – 82.
4. Воробйов С. О. Особливості переведення картографічної документації вугільних підприємств України в електронний вид / С. О. Воробйов, В. В. Набокова, В. Н. Козиренко // Зб. наук. пр. ВАГ “Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики”. – 2005. – С. 320 – 328.

О ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ШАХТНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Глухов А.А., д-р техн. наук, *Анциферов А.В.*, канд. техн. наук
ГУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-
конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и
маркшейдерского дела (РАНИМИ)», г.Донецк, ДНР
glukhov1964@yandex.ru

Использование современных средств обработки результатов сейсмической разведки существенно повышает ее информативность, надежность и эффективность [1]. В РАНИМИ разработана компьютерная система, предназначенная для автоматизации обработки и анализа результатов сейсмических исследований при прогнозе структуры углепородного массива. В программном обеспечении реализованы стандартные графы обработки и анализа результатов сейсмических исследований по методам отраженных волн (МОВ), проходящих волн (МСП), сейсмической локации впереди забоя (МСЛ), а также граф обработки с использованием дифрагированных волн (МДВ).

Основная решаемая задача – выполнение последовательности этапов обработки и анализа данных шахтной сейморазведки:

- ввод и предварительная обработка исходных данных;
- первичная обработка (расчет амплитудных спектров, спектров скоростей, фильтрация, расчет кинематических и динамических параметров в выделенных скоростных окнах; статистическая обработка, поляризационный анализ, дисперсионный анализ);
- обработка и анализ в рамках конкретной методики обработки (МОВ, МСП, МСЛ, МДВ).

Граф обработки МСП представляет собой томографическое восстановление параметров волнового поля в плоскости выемочного столба. Программное обеспечение обеспечивает возможность выделения и интерпретации аномальных зон с использованием критериев прогноза нарушенности.

Граф обработки МОВ по методу эллипсов представляет собой процесс выделения на сейсмозаписях осей синфазности по первым вступлениям предполагаемой информативной волны и построения эллипсов с фокусами в местах расположения ПВ и СП. Значение удвоенной полуоси эллипса равно скорости распространения информативной волны на время первого вступления. Критерием определения отражающих границ является сближение либо пересечение эллипсов в локальной зоне предполагаемой отражающей границы [2] (см. рис. 1).

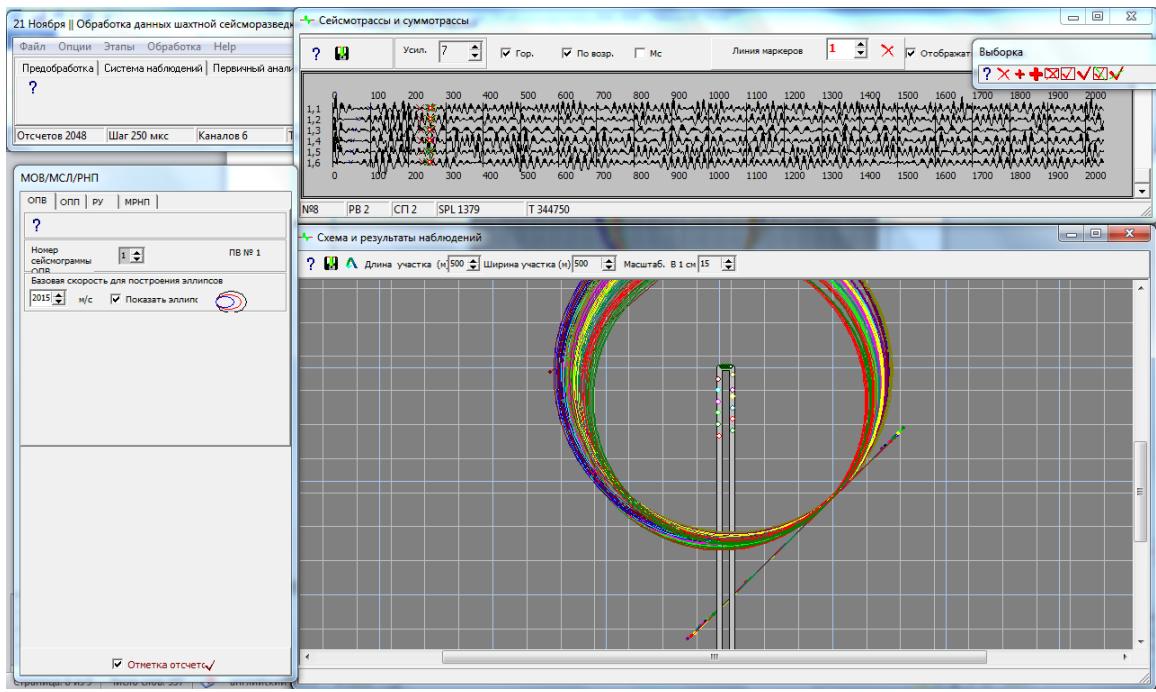


Рис. 1. Пример выделения реального тектонического нарушения по методу эллипсов

Результатом графа обработки МОВ ОГТ является сейсмический разрез. Основными критериями определения отражающих границ является наличие на разрезах четко распознаваемых осей синфазности с амплитудой волн, превышающей фон помех, от протяженных нарушений, а также наличие на разрезах ОГТ дифрагированных волн в форме гипербол от локальных нарушений.

Граф обработки МДВ представляет собой по сути получение мигрированных сейсмических изображений на основе использования метода суммирования по гиперболам. Процедуры выполняются в циклах последовательно для значений базовой скорости в информативном диапазоне скоростей с заданным шагом. Зоны аномалий, проявляются в виде локальных зон потери синфазности, в изменении формы и направления характерных полос на сейсмических изображениях, в проявлении синфазных максимумов по контуру аномалии.

Практически все процедуры программного обеспечения максимально автоматизированы и позволяют в результате работы получать:

- схемы распределения кинематических и динамических характеристик информативных волновых пакетов в плоскости выемочного столба, рассчитанные по методу сейсмического просвечивания в заданном масштабе (см. рис. 2);
- сейсмические разрезы ОГТ;
- сейсмические изображения на основе использования процедуры миграции суммированием вдоль эллипсов сейсмограмм общего пункта возбуждения;

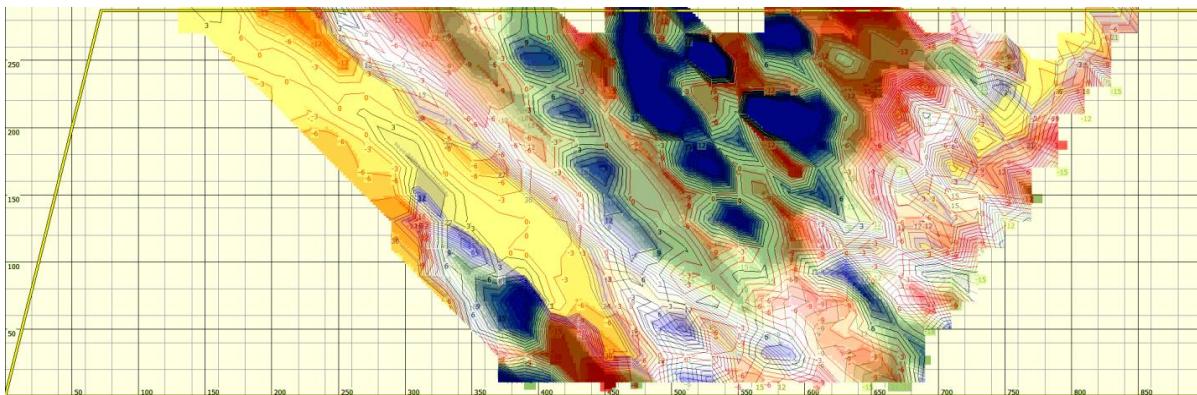


Рис. 2. Комплексирование распределения частоты и амплитуды информативной волны в плане лавы

- наборы суммолент по методу сейсмической локации с использованием процедур регулируемого направленного приема;
- схемы расположения контуров аномалий, полученные различными методами;
- результаты дисперсионного анализа в виде картин распределения амплитуд сигнала в плоскости скорость-частота;
- результаты скоростного и спектрального анализа в виде графиков.

Данная информация служит для прогноза горно-геологических условий залегания угольных

Программное обеспечение апробировано и внедрено в практику сейсмического прогноза горно-геологических условий отработки угольных пластов на угольных предприятиях ДНР, России, Казахстана.

Список литературы

1. Анциферов А.В. Теория и практика шахтной сейсморазведки. – Донецк: ООО «Алан», 2002. – 312 с.
2. Глухов А.А. Алгоритм прогноза геологических нарушений угольных пластов на основе использования метода эллипсов / А.А. Глухов, В.В. Туманов // Труды РАНИМИ: сб. научн. трудов. – Донецк, РАНИМИ МОН ДНР, 2018. – № 5 (20). – с. 213-220.
3. Глухов А.А. О перспективных методах прогноза геологических аномалий методами шахтной пластовой сейсморазведки / А.А. Глухов, Д.С. Бородин // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – Донецьк, УкрНДМІ НАН України, 2012. – № 11. – С. 210-218.
4. Глухов, А.А. Об использовании миграции до суммирования при построении сейсмических изображений углепородных массивов методами пластовой сейсморазведки / А.А. Глухов // Наукові праці УкрНДМІ НАН України: зб. наук. пр. – Донецьк, 2012. – № 14. – С. 209-216.

РАЗРАБОТКА ИГРОВОГО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА

Гришина Д.С., Абрамова О.П., канд. физ.-мат. наук, доц.
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
d.s.grishina98@gmail.com, o.abramova@donnu.ru

Вопросы разработки интеллектуальных систем являются развивающейся областью информатики. Актуальность темы определяется растущим применением инженерных знаний и системного анализа в различных областях деятельности [1]. В современном мире интеллектуальные агенты занимают прочные позиции при создании информационных систем, в которых сложно спрогнозировать поведение в возникающих условиях.

В данной статье рассматривается понятие интеллектуального агента, его свойства, действия, виды архитектур агентов. Мультиагентные системы очень распространены в различных современных технологиях, например, в технологиях сбора и обработки информации в сети Интернет; в современных играх, где оппонентами игрока являются игроки, реализованные как интеллектуальные агенты [2].

Интеллектуальный агент одно из недавних достижений интеллектуально информационных технологий. Интеллектуальный агент – это программа (разумная сущность), которая получает сведения об окружающей среде, о протекающих процессах и результатах управления при помощи системы сенсоров. При этом действия агента всегда направлены на достижение поставленных целей. Схема взаимодействия агента с окружающей средой изображена на рис. 1 [3].

Степень интеллектуальности интеллектуального агента можно оценить, как его умение использовать свои знания в неизвестных ему ситуациях и проблемных областях, и при этом приобретать новые знания. Поэтому одним из важных отличительных свойств агента от простой программы, является внешняя среда, которая имеет большое влияние на его поведение. При взаимодействии с внешней средой, агент влияет на нее, но не контролирует.

Из чего можно сделать вывод, что интеллектуальный агент – это агент который:

- реактивный, то есть он адекватно воспринимает внешнюю среду и своевременно реагирует на происходящие в ней изменения;
- активный, то есть проявляет инициативу (под этим подразумевается, что агент не только пассивно реагирует на внешние события, но и способен формулировать цели и рациональные способы их достижения);
- социальный, то есть агент взаимодействует с другими сущностями внешней среды (другими агентами, людьми и т. д.) для достижения целей.

Все три пункта входят в список основных свойств интеллектуального агента и дополняются еще рядом свойств.

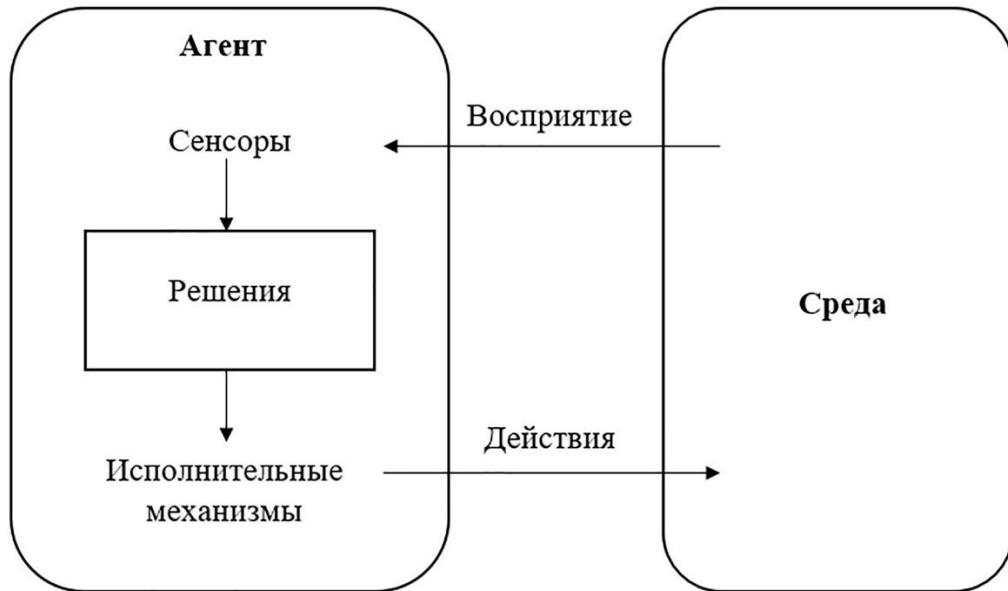


Рис. 1. Схема взаимодействия агента с окружающей средой

Основные действия интеллектуального агента можно поделить на три основные категории: 1) действия по заранее заложенному сценарию для достижения поставленной цели; 2) реакция на изменения внешней среды; 3) реакция на действия других агентов, через протокол общения между агентами.

Для того, чтобы интеллектуальный агент выполнял поставленные цели, необходимы:

- знания интеллектуального агента о внешней среде;
- информация о других интеллектуальных агентах среды;
- основные сценарии поведения;
- самообучение;
- правила рассуждений;
- протокол изменения параметров предметной области.

На данный момент выделяют четыре вида архитектуры агентов [4]:

- 1) агенты, которые основываются на модели классической логики или на знаниях;
- 2) реактивные агенты, архитектура которых основана на реакции системы на события окружающей среды;
- 3) BDI – агенты, структура данных которых включает в себя такие ментальные понятия агента, как убеждения, желания, намерения;
- 4) многоуровневые модели (рассуждения производятся на уровнях абстракции или обобщения).

Рассмотрим агентов, которые основаны на классической логике (логические агенты). Логические агенты обладают базой знаний и механизмом принятия решений [3]. Для автоматизированного формирования такого агента при помощи генетического программирования необходимо представить его в виде дерева. Каждое дерево отвечает за вывод по конкретному действию. Индивид состоит из такого количества деревьев, сколько действий может совершить агент. Функциональное множество включает в себя логические операторы (И, ИЛИ), обратную связь, отрицание. Терминальное множество состоит из событий, регистрируемых клиентом [5]. Особенности алгоритма – эволюционные операторы представлены несколькими деревьями. Процесс инициализации и мутации остается практически неизменным. Оценка пригодности осуществляется с помощью модели среды агента. После завершения работы измеряется степень успешности его действий и представляется в виде пригодности для эволюционного алгоритма.

Важно отметить, что применение мультиагентных систем возможно в целом ряде областей (например, компьютерные игры или управление беспилотным аппаратом), а возможные алгоритмы действия агентов позволяют моделировать различные конфликтные ситуации, которые часто возникают в борьбе за определенный ресурс.

Список литературы

1. Гаврилова Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – М.: СПб, Питер, 2008 – 384 с.
2. Гришина Д. С. Разработка игрового интеллектуального агента / Д. С. Гришина // Тезисы докладов научной конференции студентов факультета математики и информационных технологий: Сб. науч. и науч.-метод. работ. – Донецк: ДонНУ, 2020. – С. 22-23.
3. Рассел С., Норвиг П., Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2016. – 1408 с.
4. Тарасов В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика / В. Б. Тарасов. – М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 352 с.
5. Люгер Дж. Ф., Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем, 4-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2010. – 864 с.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ ГОЛОСОВОГО ПОМОЩНИКА ДЛЯ ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ

Дончик И.Д., Бондаренко В.И., канд. техн. наук,
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
apple1ops12@gmail.com, bondarenko@donnu.ru

Введение. Распознавание голоса – технология, позволяющая использовать естественный для человека речевой интерфейс для взаимодействия с электронной техникой [1]. Сложность распознавания речи состоит в том, что совокупность таких характеристик голоса и речи как тембр, громкость, высота, темп, интонация, качество дикции делают речь каждого человека по-своему неповторимой и уникальной как отпечатки пальцев. Задачей компьютерной техники и программного обеспечения состоит в том, чтобы распознать сказанные человеком слова в любых условиях без какой-либо предварительной адаптации под конкретный голос.

Актуальность темы исследования определяется тем, что рынок голосовых технологий стремительно развивается, охватывая практически все сферы нашей жизни. Согласно отчету о рынке приложений для автоматического распознавания речи, глобальный рост рынка голосовых технологий сегодня составляет примерно 28 % в год.

Основная часть. Целью работы является разработка специализированных средств голосового интерфейса и применение технологий распознавания речи для разработки программного обеспечения для использования полиграфической компанией.

Полиграфическая компания FastPrint ориентирована на предоставление услуг оперативной полиграфии для корпоративных заказчиков. Основные направления работы компании: наружная реклама; полиграфическая продукция.

Основным способом получения заявок от клиентов в полиграфической компании является телефонный звонок, реже электронная почта. Время на обработку новой заявки составляет от 10 до 60 минут.

В полиграфической компании нет специального колл-центра и приемом заявок занимаются дизайнер-менеджер. Когда поступает заявка от заказчика, он должен принять ее, независимо от того занят уже выполнением другой заявки или нет. Каждый клиент требует внимания к своему заказу, почти всегда – консультацию. Часто из-за такой системы приема заказов образуется очередь из клиентов, т.к. рабочее время дизайнера-менеджера ограничено – клиенты уходят, как следствие компания теряет прибыль. Таким образом, в периоды «часа пик» дизайнер-менеджер может быть полностью парализован обработкой новых заявок от клиентов, а не их решением.

Чтобы не создавать колл-центр и не привлекать новых сотрудников, которые будут не задействованы не в часы пик, для решения поставленной задачи был выбран путь предоставления клиентам голосового помощника, который будет заменять в некоторой мере дизайнера-менеджера и будет консультировать их по изготавливаемой продукции, а также выполнять следующие требования [2]:

- помощник должен слушать вопросы клиента компании, вести голосовой диалог с текстовым сопровождением;
- отвечать на вопросы по заказу полиграфической продукции, например, «Сколько стоят визитки?», «Какие можно сделать визитки?», «Сколько штук можно заказать минимально?», «Размеры баннера?», «Как сделать вывеску для рекламы своей продукции?»;
- записывать ответы в mp3-файл;
- помощник должен работать на компьютерах и мобильных телефонах, где есть выход в сеть Интернет;
- помощник должен иметь возможность доработки интерфейса и доработки функционала.

На рис. 1 показаны технологии, которые применяются для создания интеллектуальных систем взаимодействия с человеком на его естественном языке.



Рис. 1. Технологии построения интеллектуальных систем взаимодействия с человеком на его естественном языке

К основным технологиям можно отнести следующие:

- активация по голосу (Voice Activation),
- автоматическое распознавание речи (Automatic Speech Recognition),
- синтез речи (Text-To-Speech),
- голосовая биометрия (Voice Biometrics), т.е. распознавание пола или возраста говорящего, например, женщины, мужчины, детей и т.д.,
- диалоговый менеджер (Dialog Manager),
- понимание естественного языка (Natural Language Understanding),
- распознавание именованных сущностей (Named Entity Recognition) [3, 4].

Для разработки голосового помощника предлагается использование языка Python 3 [5], так как для него уже существует ряд библиотек обработки и синтеза речи. В частности, в библиотеке ChatterBot

используются методы машинного обучения. Обучение проходит по наборам данных в диалоговом формате (рис. 2).

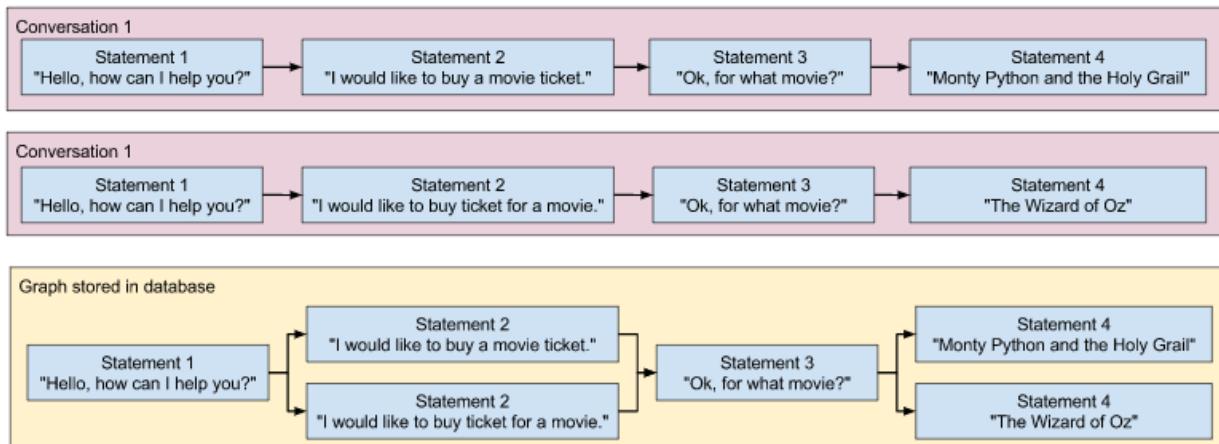


Рис. 2. Процесс обучения в библиотеке chatterbot

Заключение. Для оптимизации деятельности полиграфической компании принято решение разработать специализированного голосового помощника. Разработка ведется на языке Python 3 с использованием специализированных библиотек.

Список литературы

1. Баранова Н. «Что такое голосовые технологии и интерфейсы» Журнал «Технологии» 08.11.2017г. Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <https://test.ru/2017/11/08/voice-interface/> (Дата посещения: 01.03.2020г.)
2. Жожикашвили В.А. и др. Применение распознавания речи в автоматизированных системах массового обслуживания// Автоматизация и современные технологии. – 2003. – №11. – С. 23-29.
3. Самойлов К. «Голосовые интерфейсы и проектирование виртуальных ассистентов». [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=DyMTDkGiEHQ> (Дата посещения: 08.10.2020 г.)
4. Поляков Е.В., Мажанов М.С., Качалова М.В., Поляков С.В., Разработка интеллектуального голосового ассистента и исследование обучающей способности алгоритмов распознавания естественного языка // Журнал «Системный администратор». Рубрика: Наука и технологии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <http://samag.ru/archive/article/3570> (Дата посещения: 08.10.2020 г.)
5. Creating a Voice Recognition Application with Python [Электронный ресурс]. – Режим доступа – URL: <https://medium.com/towards-artificial-intelligence/creating-a-voice-recognition-application-with-python-57d8c3e55256> (Дата посещения: 08.10.2020 г.)

ОБЗОР АРХИТЕКТУР НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ТОНОВ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ РЕЧИ ТОНАЛЬНЫХ ЯЗЫКОВ

Ермоленко Т.В., канд. техн. наук, **Стужук А.К.**

¹ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
naturewild71@gmail.com, nastena.stuzhuk@gmail.com

Введение. Распознавание и классификация тонов при распознавании речи тональных языков является одной из актуальных на данный момент проблем. В тональных языках, таких как мандаринский китайский, точная идентификация тона – важная составляющая при распознавании речи. Было доказано, что основное различие между тонами заключается в контурах тональности [1]. Следовательно, эффективность построения мелодического контура влияет на идентификацию тона.

Существует ряд проблем, связанных с извлечением признаков и выбором правильной архитектуры для построения надежной акустической модели. В ряде условий функционирования (низкое качество звукового сигнала, присутствие внешних акустических шумов, посторонних разговоров и т.д.) системы распознавания речи не могут обеспечить приемлемое качество работы даже при применении различных методов фильтрации, шумоподавления и адаптации.

Цель работы – анализ существующих подходов по распознаванию и классификации тонов при распознавании речи.

При разработке систем автоматического распознавания речи (Automatic Speech Recognition, ASR) акустическое моделирование играет ключевую роль. Для построения рабочей акустической модели необходимо получить информативные акустические признаки.

Методы параметризации речевого сигнала. Основное назначение процедуры параметризации заключается в идентификации наиболее информативных характеристик речевого сигнала. Применяемый при обработке звукового сигнала алгоритм параметризации обусловлен типом имеющейся задачи классификации.

Современные системы распознавания речи обычно используют спектральные характеристики, такие как:

1. Линейные выходы банка фильтров с использованием мел-шкаллы (FBANK). Недостатки данного способа: слишком большой результирующий вектор и недостаточно хорошее выделение признаков, так как признаки, полученные на разных отрезках частот, будут довольно сильно коррелировать между собой, что приведет к потере информации.

2. Мел-частотные кепстральные коэффициенты (MFCC). Мел-частотный анализ представляет собой частоты речи с позиции

психоакустического параметра слуха – высоты тона. К достоинствам использования MFCC можно отнести высокую точность распознавания и простоту в реализации. Основным недостатком является низкая устойчивость к шумам, что приводит к ухудшению показателей.

3. Перцепционные кепстральные коэффициенты линейного предсказания (PLP). Техника использования PLP параметризации основана на психоакустических принципах восприятия звука при оценивании спектра: спектральный анализ в критических полосах частот, кривые громкости и нелинейная связь между интенсивностью и воспринимаемой громкостью звука.

В настоящее время получила широкое распространение нейросетевая параметризация речевого сигнала. Вектора акустических признаков подаются вход нейросети, вычисляющей распределение вероятностей целевых классов, которое дополняет вектор акустических признаков. Для уменьшения размерности полученного вектора применяют обработку с узким горлом [2].

Основные архитектуры искусственных нейронных сетей, используемые при разработке ASR-систем. Особое место в задаче распознавания речи занимают методы, основанные на нейросетевом подходе. Искусственные нейронные сети – это пример методов анализа данных, имеющих сетевую структуру, часто интерпретируемую на основе теории графов [3]. В этих методах результат распознавания является продуктом функционирования нейронной сети определенного вида и топологии.

Далее мы сфокусируемся на наиболее распространенных видах нейронных сетей для распознавания тонов.

Сверточные нейронные сети (CNN) – основной инструмент для классификации и распознавания объектов, лиц на фотографиях, распознавания речи, обработки аудиосигналов, обработки временных рядов, анализа смысла текстов. В работе [4] используют архитектуру сверточной нейронной сети с различными входными признаками. В статье [5] представляют архитектуру модели ToneNet, основанную на сверточной нейронной сети и многослойном персептроне, которая подходит для классификации односложных тонов китайского языка.

Рекуррентные нейронные сети (RNN) содержат нейроны, объединенные в направленный круговой процесс. Это наделяет нейронную сеть памятью и, следовательно, способностью распознавать процессы, а не только статические объекты. В статье [6] предложен фреймворк Encoder-Classifier с использованием RNN в задачах классификации тонов китайского языка. В работе [7] предложена ASR, включающая алгоритм ACS, который позволяет ASR определять сколько фреймов следует учитывать перед выводом новой метки. В статье [8] отмечают, что метод с использованием RNN значительно превосходит метод с использованием

DNN, а двунаправленный RNN превосходит RNN. Кроме того, структура модели более значима, чем общее количество свободных параметров.

Двунаправленные сети долгой краткосрочной памяти (BLSTM) являются усовершенствованной LSTM нейронной сетью. У последней имеется существенный недостаток – слои имеют доступ к контексту в прошлом, но не к контексту в будущем. В статье [9] представлена двунаправленная модель LSTM + CTC и используется много приемов для улучшения производительности. В работе [10] представлена end-to-end система ASR, содержащая модель CNN + BLSTM + CTC.

Заключение. Для алгоритмов распознавания тона требуются надежные методы извлечения признаков и алгоритмы распознавания тонов. До настоящего времени большинство систем распознавания речи для тональных языков полагались только на спектральные особенности. Для акустического моделирования наиболее перспективным представляется использование нейросетевой параметризации речевого сигнала, что повысит робастность системы распознавания, компенсируя несоответствие условий обучения и эксплуатации.

Список литературы

1. Lee, L.S.: Voice dictation of Mandarin Chinese. IEEE Signal Processing Magazine 14(4), 63–101 (1997).
2. Grézl F. Probabilistic and bottle-neck features for LVCSR of meetings / F. Grézl, M. Karafiat, S. Kontár, J. Černocký // ICASSP, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing – Proceedings. – 2007. – T. 4.
3. Майника, Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах / Э. Майника. – М.: Мир, 1981. – 323 с.
4. Charles Chen, Razvan Bunescu, Li Xu, Chang Liu “Tone Classification in Mandarin Chinese using Convolutional Neural Networks” in INTERSPEECH, 2016, pp. 528.
5. Gao Q., Sun S., Yang Y. ToneNet: A CNN Model of Tone Classification of Mandarin Chinese //Proc. Interspeech 2019. – 2019. – C. 3367-3371.
6. Huang H., Hu Y., Xu H. Mandarin tone modeling using recurrent neural networks //arXiv preprint arXiv:1711.01946. – 2017.
7. Li, M.; Liu, M. End-to-end speech recognition with adaptive computation steps. arXiv 2018, arXiv:1808.10088.
8. Hannun, A.Y.; Maas, A.L.; Jurafsky, D.; Ng, A.Y. First-pass large vocabulary continuous speech recognition using bi-directional recurrent DNNs. arXiv 2014, arXiv:1408.2873.
9. Wang, Y.; Zhang, L.; Zhang, B.; Li, Z. End-to-End Mandarin Recognition based on Convolution Input. In Proceedings of the 2018 2nd International Conference on Information Processing and Control Engineering (ICIPCE 2018), Shanghai, China, 27–29 July 2018; Volume 214, p. 01004.
10. Wang D., Wang X., Lv S. End-to-End Mandarin Speech Recognition Combining CNN and BLSTM //Symmetry. – 2019. – T. 11. – №. 5. – C. 644.

КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Захлебина Л.Е.

ГПОУ «Донецкий электрометаллургический техникум», г. Донецк, ДНР
dnkc@inbox.ru

Введение. Образование на современном этапе становится приоритетным перед всеми другими целями и задачами. Сейчас остро стоит вопрос о формировании новой модели образования, реализация которой смогла бы обеспечить переход к новому типу социального развития в изменившихся условиях жизни миллионов людей.

Основная часть. К основным тенденциям развития современного образования относятся *глобализация, фундаментализация, демократизация, гуманизация, технологизация, стандартизация, компьютеризация, вариативность*.

Информационные технологии, которые включают в себя компьютеризацию и цифровизацию, расширяют возможности образовательной деятельности.

Технологизация образовательного процесса предполагает внедрение в образование современного эффективного и продуктивного инструментария, высокоэффективных информационных технологий, повсеместную **компьютеризацию**. Будущее образование связано со все большей долей участия компьютера. В настоящее время принято выделять следующие основные направления внедрения компьютерной техники в образовании [1]:

- использование компьютерной техники в качестве средства обучения, повышающего качество и эффективность процесса преподавания;
- использование компьютерных технологий в качестве инструментов обучения для познания себя и действительности;
- рассмотрение компьютера и других современных средств информационных технологий в качестве объектов изучения;
- использование средств новых информационных технологий в качестве средства творческого развития обучаемого;
- использование компьютерной техники в качестве средств автоматизации процессов контроля, коррекции, тестирования и психодиагностики;
- организация коммуникаций средствами информационных технологий с целью передачи и приобретения педагогического опыта, методической и учебной литературы;
- использование средств современных информационных технологий для организации интеллектуального досуга;

- интенсификация и совершенствование управления учебным заведением и учебным процессом на основе использования системы современных информационных технологий.

Рассматривая компьютеризацию в реалиях образовательного процесса, стоит связать эти компоненты с реальностью происходящих в мире событий. Влияние таких факторов, как политика, внешнее международное окружение, уровень экономики, техногенные и экологические катаклизмы, эпидемиологическая ситуация в мире предполагает поиск и создание таких методик, средств автоматизации и компьютеризации, которые бы позволили преодолеть кризисные явления с наименьшими потерями в экономике и образовании.

В образовательном процессе влияние внешних и внутренних факторов очень существенно. Глобализация образования определяет, что образование и общество неотделимы друг от друга и процессы глобализации превращают образование в один из важнейших элементов социальной инфраструктуры развитых государств.

Переход к информационному обществу, к обществу знаний возможен только на основе взаимовлияния наук, образования и культуры.

Единое информационное пространство диктует единый мировой рынок и интеграцию государств в единое мировое сообщество с социальными связями и отношениями в пространстве и времени.

Перечисленные факторы определяют современный подход к процессу обучения с применением **дистанционного** и **онлайн – обучения**.

Дистанционное обучение (обучение на расстоянии) – это форма получения образования, при которой преподаватель и обучающийся взаимодействуют на расстоянии с помощью информационных технологий.

Дистанционное обучение стало популярным с появлением интернета, открыв новые возможности развития для жителей удаленных населенных пунктов и деловых людей с плотным рабочим графиком [2].

Сейчас можно пройти полноценные дистанционные курсы и программы повышения квалификации от престижных университетов, коммерческих и некоммерческих компаний из разных стран, находясь в любой точке планеты.

Онлайн-обучение (онлайн-образование, электронное обучение) – это получение знаний и навыков при помощи компьютера или другого гаджета, подключенного к интернету в режиме «здесь и сейчас». И оно считается логическим продолжением дистанционного обучения [2].

Главное сходство дистанционного и онлайн-обучения – процесс получения новых знаний и навыков вне аудиторий и без непосредственного контакта с преподавателями. В остальном эти понятия практически полностью идентичны и обладают такими преимуществами:

индивидуальный темп обучения

- изучать материалы можно по собственному графику без привязки к группе, времени и месту занятия;

доступность

- учиться можно с любого компьютера в удобное время;
персональные консультации с тьютором
- эффективная обратная связь от преподавателей в ходе всего периода обучения;
- курс в “кармане”*
- можно в любой момент пересмотреть урок или пропущенный вебинар в записи, скачать учебные материалы и сдать работу на проверку тьютору.

В новых реалиях преподавателям и обучающимся приходится осваивать современные гаджеты, программные средства взаимодействия, создавать на их базе авторские разработки и методики.

Для дистанционного и онлайн обучения требуются платформы, которые содержат в себе, как образовательные интерактивные материалы, так и инструменты для организации и проведения онлайн занятий. Выбор платных и бесплатных платформ разнообразен, многие апробированы и используются в системах образования школ, среднего и высшего профессионального образования. В качестве наиболее популярных следует обозначить платформы: Платформа Яндекс.Учебник, онлайн сервис Google Класс, Российская электронная школа, Дневник, Платформа для проведения онлайн видеоконференций Zoom, различные платформы для создания онлайн занятий.

Заключение. Компьютерные технологии внедряются во все сферы жизнедеятельности человека и базовые навыки и практики, полученные в образовательном учреждении должны стать стратегической точкой роста обучающегося в выбранной профессии. Получая профессиональное образование, выпускник приобретает профессиональные компетенции, необходимые для современного общества 21 века.

Список литературы

1. Сайт Studwood.ru Информационные системы в образовании / URL: https://studwood.ru/1712378/informatika/napravleniya_tseli_vvedeniya_kompyuternoy_tehniki_sferu_obrazovaniya/(дата обращения: 07.10.2020).
2. Сайт Образование 21 века учебный центр / URL: https://obrmos.ru/go/go_scool/dist/go_school_dist_otl.html(дата обращения: 07.10.2020).

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМНО-ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МИРОВОГО ХОЗЯЙСТВА

Звягинцева А.В.¹, д-р техн. наук, доц.,

Аверин Г.В.², д-р техн. наук, проф.

¹ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород, РФ, *anna_zv@ukr.net*

²ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
g.averin@donnu.ru

Введение. С момента появления работ Дж. Форрестера и Д. Медоуза посвященных системной динамике и исследованию долгосрочных тенденций глобального развития [1, 2], предложен целый ряд моделей, характеризующих мировое хозяйство, а также процессов и последствий его развития. Мировое хозяйство представляет собой совокупность национальных хозяйств всех стран мира, которые образуют взаимосвязанное экономическое пространство планеты. Известны различные пространственные модели мирового хозяйства: двух-, трехчленная, десятичленная и т.д., которые выделяют разное количество центров мировой экономики.

Существует проблема увязки пространственных моделей мирового хозяйства с системно-динамическими моделями стран мира и национальных экономик. Модели системной динамики позволяют объединить воедино различные сферы функционирования человеческого общества на основе применения методов и средств имитационного моделирования. Развитие в этой области идет по пути усложнения исходных моделей, увеличения числа входных и выходных переменных и представления национальных или отраслевых экономик совокупностью потоков (денежных, материальных, товарных, людских и т.д.), которые описываются системой дифференциальных уравнений, агентными или гибридными моделями. В свою очередь, пространственные модели мирового хозяйства носят описательно-экспертный характер и развиваются по пути увеличения центров влияния, усложнения национальной, отраслевой, пространственной и иерархической структур, использования при моделировании различных критериев развития и т.д.

Процесс построения моделей мирового хозяйства упирается в проблему чрезвычайной сложности, связанную с большим количеством взаимосвязанных субъектов (более 50 экономических союзов и свыше 200 стран мира), значительным количеством (десятки и сотни) индикативных социально-экономических показателей, требующих учета, анализа и прогнозирования, невысокой адекватностью и точностью используемых моделей (эконометрических, нейросетевых, имитационных, моделей экономического равновесия и т.д.), а также логической сложностью увязки компонентов, связей и отношений в единое целое в рамках общей модели [3].

Исходя из сказанного выше актуальным является поиск новых путей модельного описания мирового хозяйства и процессов его развития.

Основная часть. Для решения задачи предлагается создавать феноменологические модели национальных экономик и мирового хозяйства в целом на основе применения естественнонаучных методов, реализующих системно-феноменологический подход при описании многомерных статистических данных. Массивы статистических данных представляются в единой структурированной форме, при этом форма их представления (в виде объекты – индикативные показатели – время статистических наблюдений) является общей для различных иерархических уровней: мировое хозяйство – национальные экономики – региональные (отраслевые) экономики стран – городские экономики.

Используемые инструменты включают эконометрические средства для сравнения (измерения) состояний и процессов в многомерных пространствах социально-экономических переменных, методы построения и выбора эмпирических мер для комплексной характеристики состояний объектов и метрик для описания пространств состояний, способы создания измерительных шкал и принятые системы измерения, способы и методики построения уравнений состояний для однородных групп объектов, учитывающих особенности их коллективного поведения, методы получения эмпирических зависимостей и определения значений феноменологических величин, теорию и математический аппарат, применяемый при создании системно-феноменологических описаний объектов и т.д. [4, 5].

Общая методика получения уравнений состояний и феноменологических соотношений для различных классов объектов в каждом конкретном случае включает следующие этапы:

- составляется база данных, в виде единого структурированного массива статистических данных, для чего проводится сбор, обработка и анализ информации из различных международных источников. Массив данных для каждого класса объектов представляется двумерными таблицами «объекты – индикативные показатели», причем множество таблиц упорядочено по времени с определенным шагом. Индикативные показатели для единообразия систематизируются и унифицируются;
- для каждого иерархического уровня (класса) объектов (страны, регионы, города и т.п.) формируется общий перечень индикативных социально-экономических показателей, выбирается группа показателей, которые выступают в качестве переменных состояния и характеризуют класс объектов в определенном аспекте;
- на основе выбранных переменных формируется многомерное пространство состояний для каждого класса объектов. Создается комплекс эмпирических шкал для измерения состояний объектов, проводятся измерения их состояний и регрессионным методом находятся уравнения состояний, характеризующие коллективное поведение объектов;

- уравнения состояний и феноменологические соотношения для пространств состояний используются для построения системы моделей для различных классов объектов и их совокупности в целом.

Реализация такой модели требует создания программной системы, которая будет содержать:

- базу данных для хранения статистической информации о состоянии и развитии мировой экономики, стран, регионов и т.д;
- вычислительную среду для обработки и анализа данных, поиска феноменологических закономерностей и прогнозирования;
- интерфейс для взаимодействия сервисов, а также визуализации полученных результатов и информационно-аналитического обеспечения выполнения работ.

Заключение. Данное научное направление относится к актуальным разделам эконофизики и социофизики и позволяет сформулировать принципиально новый подход к моделированию и прогнозированию развития территориальных образований. Предлагаемый подход даст возможность разработать алгоритмы обработки, анализа и описания статистических данных и создать методики и информационно-аналитическое обеспечение открытого коллективного доступа, позволяющее экспертам и аналитикам разрабатывать феноменологические модели стран, регионов и мирового хозяйства в целом. Ряд примеров построения феноменологических соотношений для описания коллективного поведения объектов: стран, регионов и городов приведены в работах авторов [4 – 7].

Список литературы

1. Форрестер Дж. Мировая динамика / Под ред. Д. М Гвишиани, Н. Н. Моисеева. – Пер. с англ.– М.: АСТ, 2003. – 384 с.
2. Медоуз Д., Рандерс Й., Медоуз Д. Пределы роста. 30 лет спустя / Пер. с англ. – М.: Академкнига, 2007. – 342 с.
3. Красс М.С. Моделирование эколого-экономических систем. Учебное пособие / М.С. Красс. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 272 с.
4. Аверин Г.В. Системодинамика / Г.В. Аверин. – Донецк: Донбасс, 2014. – 405 с.
5. Звягинцева А.В. Вероятностные методы комплексной оценки природно-антропогенных систем / Под науч. ред. Г.В. Аверина. – М.: Спектр, 2016. – 257 с.
6. Звягинцева А.В. Методика событийной оценки и результаты ранжирования регионов и городов по комплексу показателей / А.В. Звягинцева // Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе. 2016. – №1(10)–2(11). – С. 157–185.
7. Аверин Г.В. О подходах к предсказательному моделированию сложных систем / Г.В. Аверин, А.В. Звягинцева, А.А. Швецова // Научные ведомости НИУ «БелГУ». Сер. Экономика. Информатика. – 2018. – Т. 45, № 1. – С.140–148.

ПРОГРАММИРОВАНИЕ МАССИВОВ С ПОМОЩЬЮ NUMPY

Ивина О.А., канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет

им. Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово, РФ

k8enya@gmail.com

Введение. Сегодня научные исследователи используют компьютеры для задач, выходящих далеко за пределы чистых чисел, поэтому необходимы инструменты достаточно гибкие для решения проблем помимо производительности и удобства использования. Программирование на языке Python, с открытым исходным кодом и инструментами, разработанными в течение последних лет стало популярным для вычислений необходимых для научных исследований.

Основная часть. При проведении научно-исследовательских работ, ученым необходимо разрабатывать вычислительные инструменты для решения таких разнообразных задач, как

- доступ к данным и результатам по сети, часто с пользовательскими протоколами;
- предоставление кодов и данных через веб-приложения;
- взаимодействие с базами данных;
- интеграция компонентов, написанных на нескольких языках программирования;
- интегрирующие инструменты и библиотеки из различных научных дисциплин;
- разработка графических пользовательских интерфейсов (GUI) для ведения научной работы;
- работа с данными в широком диапазоне форматов;
- управление и взаимодействие с целым рядом аппаратного обеспечения;
- распараллеливание программ для запуска на графических процессорах, кластерах, многоядерных процессорах и суперкомпьютерах;
- сотрудничество с крупными, географически отдаленными компаниями;
- командная работа ученых, программистов и инженеров по вычислительным исследованиям, программному обеспечению и данным.

Язык программирования Python в сочетании с гибким набором компонентов библиотек обеспечивает комплексную систему, при помощи которой можно реализовать вышеуказанные мероприятия. Python не был разработан специально для вычислительных потребностей научного сообщества, но быстро вызвал интерес ученых и инженеров. Несмотря на

его простой синтаксис и богатую коллекцию встроенных типов данных, стало ясно, что он может служить основой для научных вычислений, предоставляя тип множества для числовых вычислений. Большое число дополнительных модулей на Python значительно увеличивает его полноценность для научных вычислений. Кроме того, программирование на Python позволяет пользователям не только легко выражать многие сложные, высокоуровневые задачи сжато, но и предлагает хорошую платформу для разработки более специализированных объектов, которые непосредственно используются для научных исследований.

NumPy — это основная библиотека программирования массивов для языка Python, изначально был разработан студентами, преподавателями и исследователями, чтобы обеспечить библиотеку программирования массивов с открытым исходным кодом для Python, которая была свободна в использовании и не обременена лицензионными серверами и ключами защиты программного обеспечения. Программирование массивов обеспечивает мощный, компактный и выразительный синтаксис для доступа, манипулирования и работы с данными в векторах, матрицах и многомерных массивах. Этот модуль играет важную роль в анализе научных исследований в таких разнообразных областях, как физика, химия, астрономия, геология, биология, психология, материаловедение, инженерия, финансы и экономика. Несколько фундаментальных концепций массива приводят к простой и мощной парадигме программирования для организации, изучения и анализа научных данных. NumPy — это фундамент, на котором построена научная экосистема Python. Добавление быстрых операций с массивами и линейной алгебры позволяет ученым выполнять всю свою работу в рамках одного языка программирования. Благодаря своему центральному положению в экосистеме NumPy все чаще выступает в качестве слоя взаимодействия между библиотеками вычислений массивов и вместе со своим интерфейсом прикладного программирования (API) обеспечивает гибкую структуру для поддержки научного и промышленного анализа.

SciPy и Matplotlib тесно связаны с NumPy с точки зрения истории, разработки и использования. SciPy предоставляет фундаментальные алгоритмы для научных вычислений, включая математические, научные и инженерные процедуры. Matplotlib генерирует готовые к публикации рисунки и визуализации, готовое решение для высококачественного построения графиков, с поддержкой большого количества 2D и 3D типов графиков, точный контроль компоновки, а также вывод изображений во всех основных форматах. Сочетание NumPy, SciPy и Matplotlib вместе с передовой интерактивной средой, такой как IPython или Jupyter, обеспечивает прочную основу для программирования массивов на Python. Интерактивная среда, созданная внутри IPython или Jupyter, подходит для исследовательского анализа данных. Пользователи могут проверять,

манипулировать и визуализировать свои данные, а также быстро выполнять итерации для уточнения инструкций программирования.

Заключение. Стремительный рост науки о данных, машинного обучения и искусственного интеллекта еще больше повысил научное использование Python. Библиотеки в научной экосистеме Python способны обеспечить быструю реализацию наиболее важных алгоритмов. Благодаря этому инструменты Python стали основной программной средой во многих областях научного сообщества.

Список литературы

1. Harris C. R. et al. Array programming with NumPy //Nature. – 2020. – Т. 585. – №. 7825. – С. 357-362.
2. Bressert E. SciPy and NumPy: an overview for developers. – «O'Reilly Media, Inc.», 2012.
3. Walt S., Colbert S. C., Varoquaux G. The NumPy array: a structure for efficient numerical computation //Computing in science & engineering. – 2011. – Т. 13. – №. 2. – С. 22-30.
4. Nagpal A., Gabrani G. Python for data analytics, scientific and technical applications // 2019 Amity international conference on artificial intelligence (AICAI). – IEEE, 2019. – С.140-145.
5. Оконешникова Е.А. Новый язык программирования в учебном процессе и научных исследованиях / Е.А. Оконешникова // Наука. Информатизация. Технологии. Образование. – 2020. – С. 123-129.

УДК 004.43

ВОЗМОЖНОСТИ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON В НАУЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ

Ивина О.А., канд. техн. наук, *Романова В.В.*, канд. техн. наук
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет
им. Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово, РФ
k8enya@gmail.com

Введение. Сегодня вычислительная наука имеет равное значение наряду с теоретической и экспериментальной. Основные аспекты вычислительных научных приложений направлены на разработку алгоритмов, повышению эффективности внедрения языков программирования и анализу результатов расчетов. Особенности Python позволяют считать его «идеальным языком» для научных вычислений, он становится одним из популярных инструментов в вычислительной науке благодаря простоте скриптов и удобству повторного использования кода.

Основная часть. Python – язык программирования высокого уровня, общего назначения с простым синтаксисом, философия которого подчеркивает удобочитаемость программ, единственный язык, который для разделения блоков кода использует отступы. Он обладает богатой

коллекцией встроенных типов данных, имеет динамическую типизацию и связывание объектов, модули, классы, обработку исключений, автоматическое управление памятью, многопроцессорные, параллельные вычислительные возможности [1]. Python поддерживает несколько программных парадигм, таких как объектно-ориентированные, структурные и функциональные программные стили, имеет систему обнаружения и уничтожения ссылок на неиспользуемые данные, так называемый «Garbage Collector» для автоматического управления памятью. Код Python может быть упакован в автономно выполняемые программы, используя сторонние инструменты, также может использоваться в качестве дополнительного языка для существующих модулей и приложений, которым необходим программируемый интерфейс. Именно поэтому Python часто используется для моделирования сложных технических явлений в научных вычислениях.

Будучи универсальным, Python поддерживает работу во всех системах UNIX, а также на платформах DOS/Windows и на Mac. Интерпретатор Python и встроенная обширная стандартная библиотека имеют свободный доступ как в исходном, так и двоичном коде для всех платформ, также как и дополнительные модули, инструменты и документация. Для отладки программ нет необходимости в компиляции исходного кода, программы отрабатывают свой код как есть – редактирование-тестирование-отладка. Интерпретатор вызывает исключение после обнаружения ошибки, выводит трассировку стека, если программа не устанавливает исключение. Отладчик позволяет проверять локальные и глобальные переменные, вычислять произвольные выражения, устанавливать точки останова, шагать по коду за раз и т. д [2, 3].

Python часто используется в качестве основного языка научного программного обеспечения, касающегося областей искусственного интеллекта и машинного обучения, статистики, нейробиологии, динамических систем, молекулярного моделирования, успешно включен во многие программные продукты как язык сценариев. Разнообразные проекты, которые обеспечивают различную параллельную архитектуру, также используют Python [4].

Python включает в себя множество научных библиотек, доступных как в стандартных библиотеках, а также сторонних библиотеках открытого доступа. SciPy – общедоступная библиотека алгоритмов и математических инструментов для языка программирования Питона. SciPy содержит модули для оптимизации, линейной алгебры, интеграции, интерполяции, специальных функций, обработки изображения и других задач, распространенных в науке и разработке. Структура основных данных в SciPy – многомерное множество, обеспеченное модулем NumPy. NumPy – пакет Python, который обеспечивает расширенные математические возможности. Они включают такие типы данных, как длинные целые числа

неограниченного размера и комплексные числа. Библиотека является полнофункциональной компьютерной системой алгебры на Python, сохраняя алгоритмы разработки максимально простыми [5].

Заключение. Единственный недостаток для питона – медлительность, связанная с тем, что он является интерпретируемым языком. Но обеспечивая простой синтаксис и динамическую типизацию, вместе с широкими возможностями существующих библиотек, делает его предпочтительным для вычислительного научного программирования.

Список литературы

1. Blank J., Deb K. pymoo: Multi-objective Optimization in Python // IEEE Access. – 2020. – Т. 8. – С. 89497-89509.
2. Langtangen H. P., Barth T. J., Griebel M. Python scripting for computational science. – Berlin : Springer, 2008. – Т. 3. – С. 727.
3. Virtanen P. et al. SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python // Nature methods. – 2020. – Т. 17. – №. 3. – С. 261-272.
4. Никонорова Л.И. Python как современный язык программирования / Л.И. Никонорова, М. Г. Тимофеев, А. П. Кузнецова // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – №. 2.
5. Оконешникова Е. А. Новый язык программирования в учебном процессе и научных исследованиях / Е.А. Оконешникова // Наука. Информатизация. Технологии. Образование. – 2020. – С. 23-129.

УДК 004.93

РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСПОЗНАВАНИЯ ТРЕЩИН НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА ГРАФАХ

Каркищенко А.Н., д-р физ.-мат. наук, проф.,

Мнухин В.Б., канд. физ.-мат. наук, доц.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, РФ

mnukhin.valeriy@mail.ru

Введение. Целью исследования является разработка метода распознавания трещин на цифровых изображениях, обладающего устойчивостью по отношению к преобразованиям яркости. Метод основан на представлении изображений на графах.

Описание метода. Задача распознавания трещин и разломов на цифровых изображениях (в частности, изображениях стен зданий, фундаментов, дорожного полотна, микрофотографиях и т.п.) является одной из важных задач теории компьютерного зрения и интенсивно разрабатывается в течение последних 20 лет [1-3]. Для её решения используются как классические методы обработки изображений (сегментация, скелетизация, фильтрация Габора и др.), так и подходы, основанные на применении различных типов нейронных сетей [3].

В отличие от известных подходов, предлагаемый метод опирается на активно развивающуюся в настоящее время теорию представления изображений на графах [4]. Используемые в нём графы непосредственно связаны со знаковыми представлениями [5-8], а выделение элементов изображения проводится путем построения характерных точек, ассоциированных с этими элементами. Особенностью метода является, с одной стороны, его изначальная ориентированность на распознавание удлиненных и разветвленных деталей, а с другой — устойчивость по отношению к определенному классу преобразований функции яркости и вычислительная эффективность. Опишем предлагаемый метод подробнее.

Граф, представляющий изображение. Пусть $\Omega = \{1, \dots, M\} \times \{1, \dots, N\}$ — целочисленная сетка размера $M \times N$, а $f = f(x_1, x_2)$ — функция, заданная в узлах этой сетки и принимающая значения из интервала $[0, 1]$, т.е. $f: \Omega \rightarrow [0, 1]$. Под *изображением* условимся понимать пару $\langle f, \Omega \rangle$. Пару чисел $x = (x_1, x_2)$ будем называть *пиксели* или *точкой*, а значение функции f в точке x — *яркостью* соответствующего пикселя. Функцию f будем называть *функцией яркости* и для краткости отождествлять с изображением. Количество пикселей в изображении обозначим через K .

Сопоставим с f ориентированный граф $G_f = \langle \Omega, E_f \rangle$, вершинами которого являются пиксели, а множество дуг имеет вид

$$E_f = \{(x, y) : x, y \in \Omega, f(x) > f(y)\} \subseteq \Omega^2,$$

причем дуга $e = (x, y) \in E_f$ имеет вес $w_e = f(x) - f(y) > 0$. Таким образом, любые два пикселя различной яркости соединены дугой, ведущей из более яркого пикселя в менее яркий. Зафиксировав некоторую метрику на графе, оставим в G_f только дуги между теми вершинами, расстояние между которыми не превосходит r . Полученный остовной подграф обозначим через $G_f^{(r)}$. Можно заметить [7], что построенные графы оказываются ациклическими и инвариантными относительно монотонно-возрастающих преобразований функции яркости.

Характерные точки как концентраторы путей. В основе метода выделения характерных точек лежит представление о сложности вершины графа, определяемой по совокупности всевозможных путей, выходящих из неё либо входящих в неё. Точнее, пусть в $G_f^{(r)}$ существует путь длины k между вершинами x_i и x_j . Назовём *весом* $w_{ij}^{(k)}$ этого пути произведение весов всех входящих в него дуг.

Определение 1. Зафиксируем целое $r > 1$. Назовём *выходной -сложностью* $c_r^-(x)$ вершины x сумму весов всех путей в графе $G_f^{(r)}$, начинающихся в этой вершине. Аналогично, *входная -сложность* $c_r^+(x)$ есть совокупный вес всех путей, заканчивающихся в x .

Покажем, что сложности вершин эффективно вычислимы. Пусть A_r — матрица смежности орграфа $G_f^{(r)}$, элементами которой являются веса соответствующих дуг.

Утверждение. Пусть $C_r^- = (c_r^-(x_1), c_r^-(x_2), \dots, c_r^-(x_K))^T$ — вектор выходных сложностей вершин графа $G_f^{(r)}$. Тогда

$$C_r^- = ((E - A_r)^{-1} - E)I,$$

где $E = \text{diag}(1, 1, \dots, 1)$ — единичная $K \times K$ -матрица, а $I = (1, 1, \dots, 1)^T$ — единичный вектор-столбец длины K . Аналогично, для вектора входных сложностей справедливо выражение

$$C_r^+ = ((E - A_r)^{-1} - E)^T I.$$

Заметим, что элементы векторов C_r^+ и C_r^- взаимно-однозначно соответствуют пикселям заданного изображения.

Определение 2. Множества пикселей, для которых соответствующие элементы векторов C_r^+ и C_r^- принимают наибольшие значения, будем называть *входящими* и *исходящими* характерными точками изображения f и обозначать их $X_r^+(f)$ и $X_r^-(f)$ соответственно.

Обработка реальных изображений. Поскольку понятие характерной точки по своей сути является локальным, предлагаемый алгоритм предусматривает разбиение анализируемого изображения на небольшие прямоугольные фрагменты (окна). Приводимый ниже рисунок демонстрирует результат выделения характерных точек на изображении растрескавшейся глины. Анализируемое изображение имело размер 400×400 , скользящее окно размера 13×13 сдвигалось с шагом 6, параметр $r = 7$. Найденные характерные точки выделены красным в правой части рисунка.

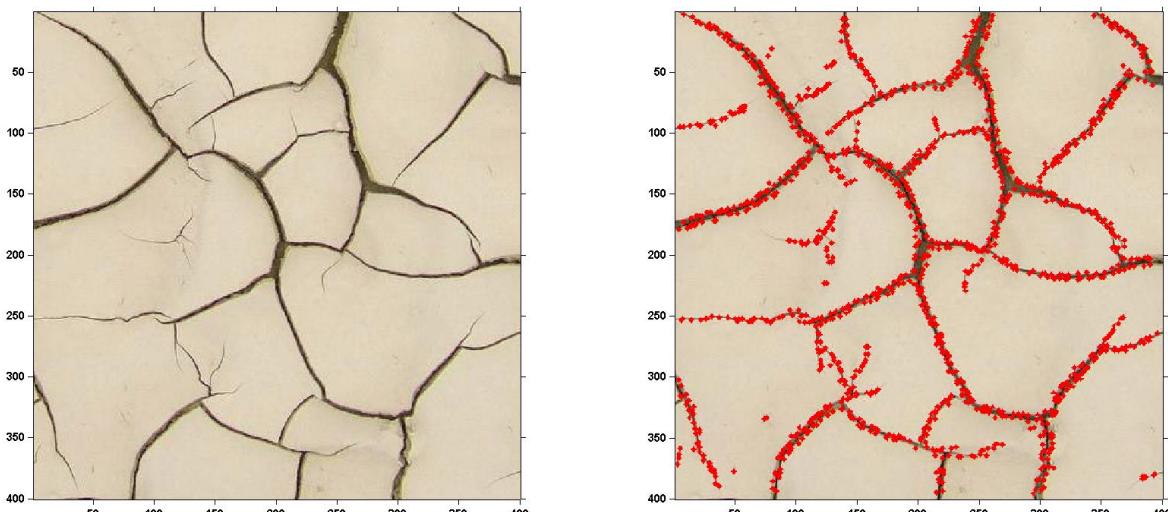


Рис.1. Пример выделения характерных точек на изображении трещин на глине

Заключение. В работе рассмотрен метод построения характерных точек цифрового изображения, заданного своим редуцированным

знаковым представлением. Особенностью метода является его инвариантность относительно группы строго монотонных преобразований функции яркости и вычислительная эффективность. Приведен пример работы алгоритма. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 19-07-00873.

Список литературы

1. Oliveira H., Correia P. L. Automatic road crack detection and characterization / H. Oliveira, P.L. Correia // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2013. – V. 14(1). – P. 155–168.
2. Шагалова П.А. Разработка и реализация алгоритма распознавания трещин на изображениях, полученных при микроскопии / П.А. Шагалова // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2018. – Т. 122, № 3. – С. 32–36.
3. Mohan, A, Poobal, S. Crack detection using image processing: A critical review and analysis / A. Mohan, S. Poobal // Alexandria Eng. J. – 2017.– <http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2017.01.020>
4. Cheung, G., Magli, E., Tanaka, Y., Ng, M.K. Graph spectral image processing / G. Cheung, E. Magli, Y. Tanaka, M.K. Ng // Proc. IEEE. – 2018. – V. 106(5) – P. 907–930.
5. Мясников В.В. Описание изображений с использованием конфигурационного отношения эквивалентности / В.В. Мясников // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 6. – С. 998-1007.
6. Каркищенко, А.Н., Гончаров, А.В. Геометрия знакового представления изображений и её приложение к исследованию устойчивости к шумам / А.Н. Каркищенко, А.В. Гончаров // Междунар. конф. Интеллектуализация обработки информации (ИОИ-8): Сборник докладов. – М.: МАКС Пресс. – 2010. – С. 335-339.
7. Броневич А.Г., Каркищенко А.Н., Лепский А.Е. Анализ неопределенности выделения информативных признаков и представлений изображений / А.Г. Броневич, А.Н. Каркищенко, А.Е. Лепский. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2013.– 308 с.
8. Каркищенко А.Н. Исследование устойчивости знакового представления изображений / А.Н. Каркищенко // Автоматика и телемеханика. — 2010. — Т. 9. — С. 57-69.

УДК 004.75

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДБОРА ОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОГО КОМПЛЕКСА

Касименко А.А., Кищенко Д.П., Бондаренко В.И., канд. техн. наук,
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
kasimenko2014@gmail.com

Введение. Ежедневно миллионы людей находятся в путешествии. При этом они активно ищут отели для отдыха, или для проживания в командировке с соответствующим уровнем сопутствующего сервиса

ресторана. Если в прошлом веке о появлении новых предложений узнавали из почтовых рассылок, то сейчас этот процесс ускорился в сотни раз за счет появления сначала телевидения, а затем и интернета.

А в последние годы одним из ведущих трендов в усовершенствовании самых разных поисковых систем становится применение алгоритмов машинного обучения. Как дополнение к процессу самостоятельного поиска (среди миллионов наименований всевозможных товаров и услуг), на ресурсах стали появляться рекомендательные системы, которые предсказывают что именно было бы интересно данному пользователю. Такие рекомендательные алгоритмы в процессе своей работы постоянно дообучаются, адаптируются и трансформируются, со временем все лучше понимая пользователя.

Основная часть. Целью работы является построение рекомендательной системы по подбору ресторанов и отелей путем реализации алгоритма, использующего коллаборативную фильтрацию, основанную на пользовательских отзывах [1].

В типичных системах есть список пользователей $U = (u1, u2, \dots, um)$ и предметов $I = (i1, i2, \dots, in)$. В ходе взаимодействия с системой пользователи знакомятся с объектами, формируя матрицу рейтингов R , где rua, i – рейтинг предмета $i \in I$ у пользователя $ua \in U$.

Рекомендация – список из N предметов $Ir \subset I$, наиболее предпочтительных для активного пользователя, причем в него входят лишь незнакомые пользователю элементы $Ir \cap I = \emptyset$. Задачи в такой постановке также называют Топ- N рекомендацией.

Предсказание – численное значение Rua, i , выражающее предсказанную предпочтительность предмета $i \notin Iua$ для активного пользователя ua . Предсказанное значение лежит внутри заранее определенного интервала рейтинга, например от 1 до 5 [2].

Способы формирования матрицы рейтингов R бывают явные и неявные. Первые предполагают, что пользователь, ознакомившись с предметом, выставит ему оценку по имеющейся шкале (так работает, например, Netflix). В таких случаях R составлена из оценок в чистом виде. Однако этот подход применяется не везде.

Часто для составления матрицы приходится анализировать историю взаимодействия пользователей с предметами, в этом случае имеет место неявное формирование рейтинга. В случае с треками, величина rua, i может вычисляться как количество прослушиваний [3].

Коллаборативная фильтрация вырабатывает рекомендации, основанные на модели предшествующего поведения пользователя. Эта модель может быть построена исключительно на основе поведения данного пользователя или что более эффективно — с учетом поведения других пользователей со сходными характеристиками. В тех случаях, когда коллаборативная фильтрация принимает во внимание поведение

других пользователей, она использует знание о группе (group knowledge) для выработки рекомендаций на основе подобия пользователей.

По существу, рекомендации базируются на автоматическом сотрудничестве множества пользователей и на выделении (методом фильтрации) тех пользователей, которые демонстрируют схожие предпочтения или шаблоны поведения.

В качестве примера предположим, что разработан веб-сайт, предлагающий его посетителям отзывы о гостинично-ресторанных сервисах. На основе информации от многих пользователей, которые заходят на сайт и читают их, можно сгруппировать этих пользователей по их предпочтениям.

Например, можно объединить в одну группу пользователей, которые читают отзывы по какому-то географическому признаку. По этой информации идентифицируются самые популярные отзывы среди тех, которые читают участники этой группы [4].

Заключение. Рассмотрены принципы построения рекомендательной системы для подбора отельно-ресторанного комплекса на основе коллаборативной фильтрации по пользовательским отзывам.

Список литературы

1. Aranda J., Givoni I., An Online Social Network-based Recommendation System // University of Toronto – 2007. [Электронный ресурс]: <http://www.cs.toronto.edu/syslab/courses/csc2231/07au/projects/2/aranda.pdf>
2. Leskovec J., Rajaraman A., Ullman J. Mining of Massive Datasets // The MOOC. – 2014. [Электронный ресурс]: <http://www.mmmds.org/>.
3. Dean J., Ghemawat S. MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters // Google, Inc. – 2004. [Электронный ресурс]: <http://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/en//mapreduce-osdi04.pdf>
4. Koren Y. Factorization Meets the Neighborhood: a Multifaceted Collaborative Filtering Model // University of Toronto – 2007. [Электронный ресурс]: <http://research.yahoo.com/files/kdd08koren.pdf>

УДК 004.942

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДБОРА НОВОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Колосов Р.С., Нестругина Е.С., канд. техн. наук, доц.
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
Kolosov.rs.28@gmail.com

Введение. Современный мир переполнен новостной информацией, количество которой в интернете настолько велико, что люди просто

теряются в таких объемах и не могут получить то, что им действительно необходимо. В мире каждый день происходит множество событий. В результате действительно сложно отследить интересующую информацию.

В такой ситуации актуальным решением является создание специальной системы, которая будет рекомендовать те новости, которые могут заинтересовать конкретного пользователя. Эта система будет предлагать новости, основываясь на действиях пользователя, на тематике просмотренных новостей и его поведении во время чтения. Это позволит пользователям сократить время поиска необходимых новостей, а средствам массовой информации – предлагать более персонализированный контент своим клиентам [1]. Такие программные средства получили название рекомендательные системы.

Основная задача рекомендательных систем – предсказание объектов, которые будут интересны пользователю с учетом его предпочтений. Рекомендательные системы являются удобной альтернативой традиционным поисковым алгоритмам [2].

Цель. Целью данной работы является повышение эффективности подбора новостных источников с помощью рекомендательной системы на основе интеллектуального анализа предпочтений пользователя.

Основная часть. Рекомендательные системы (англ. recommender systems) – программы и сервисы, которые анализируют интересы пользователей и пытаются предсказать, что именно будет наиболее интересно для конкретного пользователя в данный момент времени. При этом система должна адаптироваться под конкретного пользователя, так как предпочтения у различных людей значительно отличаются; учитывать текущие предпочтения пользователя, подстраиваясь под него со временем; постоянно находить новые области информации и предлагать их пользователю [2].

Широкую популярность в последнее время получили новостные агрегаторы, которые в автоматическом режиме анализируют содержимое заранее установленных новостных источников и публикуют данные статьи на сайте с помощью специальной обработки.

Автоматические новостные агрегаторы оснащены системой подключения к лентам различных информагентств, онлайновых СМИ и электронных изданий и с помощью компьютерной программы отбирают по прописанным алгоритмам «горячие» новости, ежедневно формируя новостную повестку дня из наиболее актуальных сообщений. Алгоритмы созданы по чётким критериям, позволяющим, отбирая новости, предоставлять читателю соответствующую подборку. Среди этих критериев:

1. Цитируемость (количество внешних ссылок на данное сообщение в других сообщениях сюжета, без учета ссылок в аффилированных СМИ и самоцитирования).

2. Свежесть (время публикации сообщения по сравнению с другими источниками).

3. Информативность (наполненность сообщения ключевыми фактами сюжета) [3].

В последние годы широкое распространение получили рекомендательные системы, основанные на машинном обучении. Рассмотрим основные принципы работы основных методов для реализации рекомендательных систем и метрик для оценки их работы.

Рекомендательные системы применяются для предложения клиенту тех продуктов или услуг, которые с высокой степенью вероятности могут его заинтересовать.

Для создания рекомендационных систем существует несколько методов, которые в основном базируются на коллаборативной фильтрации (фильтрация, основанная на схожести пользователей; фильтрация, основанная на схожести объектов или предметов; фильтрация, основанная на модели (модель Байеса, регрессионная модель, кластерная модель)).

Также достаточно распространены методы, основанные на факторизации (неотрицательная матричная факторизация (NMF), сингулярное разложение (SVD) [4].

Коллаборативная фильтрация вырабатывает рекомендации, основанные на модели предшествующего поведения пользователя или с учетом поведения других пользователей со сходными характеристиками.

Рекомендательные системы работают на двух “уровнях”:

- глобальные оценки; особенности и предпочтения, которые изменяются очень медленно; интересные страницы; зависимость от характерных пользовательских черт (пол, место проживания и т.д.);

- кратковременные тренды и быстрые изменения интереса во времени [4].

Для составления качественных рекомендаций используется явный или неявный сбор данных.

При явном сборе от пользователя необходимо получить заполненные анкеты для выявления предпочтений. Недостаток метода в том, что достаточно сложно заставить пользователя поставить оценку.

При неявном сборе протоколируются действия пользователя: что пользователь посмотрел, какой товар добавил в корзину, что прокомментировал, какую покупку совершил. Составление рейтингов происходит автоматически. Недостаток метода – неопределенность: если пользователь посмотрел товар, не известно, понравился он ему или нет; если пользователь не купил товар – то опять же неизвестно, чем было обусловлено такое решение.

Также возможен вариант комбинирования двух подходов: если нет транзакционной истории – используются опросы, когда же она появляется – начинают учитывать и транзакции [4].

Заключение. Релевантные рекомендации значительно сокращают время поиска подходящих новостных источников. С подобными задачами хорошо справляются рекомендательные системы.

Возможность сбора данных, упростила и одновременно усложнила предсказания в отношении поведения и предпочтений пользователей. Особого внимания требует и соблюдение конфиденциальности в работе рекомендательных алгоритмов, ведь зачастую они могут спрогнозировать такие результаты или выявить такие закономерности, о которых пользователь даже и не подозревал, либо же не хотел, чтобы об этом стало известно. Хорошая рекомендательная система должна справляться не только с этим, но и с проявлениями нечестной конкуренции, выраженными в намеренном поднятии рейтингов одних объектов и занижении у конкурирующих, например, при помощи негативных отзывов и комментариев.

Для построения рекомендательной системы подбора новостей предполагается использовать коллаборативную фильтрацию с использованием метрики поддержки принятых решений.

Список литературы

1. Джонс М. Рекомендательные системы: Часть 1. Введение в подходы и алгоритмы [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-recommender1/index.html>.
2. Филиппов С.А. Организация больших объемов данных в рекомендательных системах поддержки жизнеобеспечения, входящих в состав глобальных платформ электронной коммерции / В.Н. Захаров, С.А. Ступников // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2016. – С. 186-193.
3. Шагдарова Б.Б. Новостные агрегаторы в интернете // Вестник Бурятского государственного университета. – 2017 – Вып.1 – С. 11-22.
4. Фитджеральд Ю.. Рекомендательные системы сегодня – необходимость для бизнеса. [Электронный ресурс]. IBM developerWorks, 2017. URL: 41c1c9109988.

УДК 656.13

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Конончук Э.В., Маруга М.М.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
ed.ambidexter@gmail.com

Введение. Факторы риска ДТП – это все факторы, которые увеличивают возможность дорожно-транспортных происшествий. Изучая такие факторы, можно понять, какие условия вызывают риск возникновения происшествий. Соответственно, чем больше факторов

риска проявляются одновременно, тем больше вероятность происшествия. Проявление факторов риска одновременно, может зависеть частично от случайностей и частично от плохого проектирования дороги, а также отчасти зависит от поведения участника дорожного движения. Чем больше факторов риска мы знаем, тем лучше мы можем предсказать количество происшествий. Однако мы никогда не сможем предсказать происшествие с привязкой ко времени и пространству. Именно когда и где возникнет происшествие, зависит от случайностей.

Поэтому в исследованиях безопасности дорожного движения используется понятие статистической причины – фактор риска. Данный фактор показывает вероятность возникновения происшествия. Такие факторы не следует принимать, как необходимые или достаточные условия для возникновения происшествий.

Невозможно учесть и описать все возможные факторы риска в связи с их множеством. Также необходимо принять в расчет то, что у каждого прямого либо косвенного участника дорожного движения при одной рассматриваемой ситуации точки зрения различны.

Актуальность. Дорожно-транспортное происшествие – проблема, стоящая перед большинством стран мира. Эта проблема осознается и как одна из центральных для сохранения жизни людей. Стоит отметить, что данный вопрос становится все актуальнее с увеличением численности населения и уровнем автомобилизации, а также ростом подвижности самого населения. Также анализ факторов, позволит определить, что больше всего влияет на возникновение ДТП. Вдобавок позволит предсказать возможное количество происшествий.

Целью данного исследования является выявление факторов, которые влияют на возникновение дорожно-транспортного происшествия. Для реализации цели проведен ряд исследований по подробному анализу предметной области. А также осуществлен анализ работ, в которых выявлялись факторы, послужившие причинами ДТП.

Результат. В работах [1,2] были выделены следующие группы факторов:

1. Факторы, влияющие на уровень риска (экономические; демографические; мероприятия в области городского планирования, в т. ч. Влияющие на продолжительность времени в пути или на выбор способа передвижения; соотношение высокоскоростного движения с уязвимостью пользователей дорог).

2. Факторы риска, влияющие на попадание в аварию (превышение скорости; алкогольное или наркотическое опьянение; усталость; езда в темное время суток; факторы, связанные с транспортным средством, — тормозная система, общее техническое состояние, уход; недостатки в конструктивном решении дорог; недостаточная видимость, обусловленная состоянием окружающей среды; плохое зрение участников движения).

3. Факторы риска, влияющие на тяжесть аварии (степень выносливости человека; превышение скоростного режима; неиспользование ремней безопасности, защитных шлемов; наличие в крови алкоголя; недостаточная инженерная обеспеченность дорожных сооружений).

4. Факторы риска, обуславливающие тяжесть посттравматических осложнений (задержки с выявлением ДТП; пожар; утечка вредных веществ; наличие в крови алкоголя; трудности при спасении людей и при эвакуации; отсутствие адекватной медицинской помощи).

В работе [3] были приведены влияние конкретных факторов на возникновение ДТП. Вероятность аварии, ведущей к травмам, пропорциональна квадрату скорости; вероятность серьезной аварии пропорциональна скорости в кубе; вероятность аварии со смертельным исходом – скорости в четвертой степени. Увеличение средней скорости на 1 км/ч ведет к росту числа аварий с травмами на 3 % и увеличению числа аварий со смертельным исходом на 4-5 %. При снижении скорости на 5 % ожидаемый уровень снижения травматизма составляет 10 %, смертности от него – 20 %. Примеры влияния изменений скоростного режима на уровень смертности приведены в таблице 1. Среди других «личностных» факторов можно отметить следующие. Около 30 % аварий большегрузного коммерческого транспорта со смертельным исходом произошли из-за усталости водителей.

Использование ремней безопасности снижает риск тяжелых травм, в т.ч. травм со смертельным исходом, на 40-50 %. Использование специальных сидений для детей снижает смертность детей на 54 %, а смертность младенцев – на 71 %.

Немаловажным фактором риска являются погодные условия. Исследование, проведенное в Московской области, показало, что при дожде и снегопаде риск попадания в ДТП в 1,5-3 раза выше, гибели в автомобильной аварии в 2-5 раз, получения ранения в 1,5-3 раза, чем для других погодных условий.

Недостаточная видимость имела значение в 65 % аварий с участием автомобилей и двухколесных механических транспортных средств и являлась единственной причиной – в 21 % этих случаев.

Таблица 1
Примеры влияния изменений скоростного режима

Страна	Тип дороги	Изменение скоростного режима	Влияние изменений скоростного режима	Влияние изменений на смертность
Швейцария	Автомагистрали	Со 130 км/ч до 120 км/ч	Уменьшение средней скорости на 5 км/ч	Снижение на 12 %

Швейцария	Сельские дороги	Со 100 км/ч до 80 км/ч	Уменьшение средней скорости на 10 км/ч	Снижение на 6 %
Дания	Улицы в районах жилой застройки	С 60 км/ч до 50 км/ч	Уменьшение средней скорости на 3-4 км/ч	Снижение на 24 %
США	Скоростные дороги между штатами	С 55 миль/ч (88,5 км/ч) до 65 миль/ч (104,6 км/ч)	Увеличение средней скорости на 2-4 миль/ч (3,2-6,4 км/ч)	Повышение на 19-34 %
Швеция	Автомагистрали	Со 110 км/ч до 90 км/ч	Уменьшение средней скорости на 14,4 км/ч	Снижение на 21 %

В **заключении** стоит отметить, что существующая дорожно-транспортная система не учитывает тот факт, что человеку свойственно совершать ошибки. Незначительные ошибки на дорогах слишком часто ведут к гибели людей. Обеспечение безопасности дорожного движения предполагает принятие всех возможных мер для предотвращения гибели людей и получения ими тяжких телесных повреждений за счет создание механизмов воздействий на факторы риска ДТП.

Список литературы

- Методология обеспечения безопасности дорожного движения на автомобильном транспорте: учебное пособие / Н.В. Пеньшин. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013.– 456 с.
- Факторы, влияющие на вероятность возникновения ДТП
URL: <http://road-traffic-safety.blogspot.com/2011/01/dtp-factory.html>
- Основные факторы риска возникновения дорожно-транспортных происшествий
URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2014/0593/analit02.php>

УДК 004.75

АНАЛИЗ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ

Костров Б.В., д-р техн. наук, проф., **Костров Б.А., Мухина Е.Е.**
ФГБОУ ВО «Рязанский радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина»,
г. Рязань, РФ
Janiem1411@gmail.com

Введение. Актуальность облачных технологий определяется в потребности обрабатывать большие объемы данных, что непосредственно

замедляет обработку запросов. Эффективная обработка данных в облачной среде характеризуется гибкой масштабируемостью и использованием огромного вычислительного ресурса. Размещение в облачной среде серверов и рабочих мест автоматизирует и поднимет вычислительную способность на новый уровень обработки данных, что позволит достичь высокой отказоустойчивости вычислительной системы в государственном секторе. Модель исполнения «инфраструктура как сервис» позволит собственоручно создавать, управлять архитектурой в облачной среде. В статье проведен авторский анализ основных понятий и особенностей организации работы облачной платформы.

Основная часть. Основными решениями облачных сервисов по развертыванию площадке в облаке для узких назначений и корпоративных решений являются IaaS, Paas, Saas.

Технология облачных вычислений позволяет объединять ИТ инфраструктуру организаций с различными аппаратными платформами в единое целое и предоставляет пользователю доступ к ней через Интернет-канал [3].

Приватное облако используется для предоставления сервисов внутри одной компании. Концепция частного облака используется, когда организация создает для себя закрытую инфраструктуру, в рамках организации.

Публичное облако — подразумевает развертывание инфраструктуры с необходимым программным обеспечением и предоставление механизмов доступа к ним за пределами инфраструктуры учреждения [1].

У публичных и частных облаков есть преимущества друг перед другом в области безопасности, надежности и масштабируемости. Выбор той или иной модели зависит от тех требования, которые применяет конкретная организация к своей ИТ-инфраструктуре, а также от задач, которые перед ней стоят.

Главная цель создания катастрофоустойчивой системы заключается в сохранности данных на уровне виртуальных машин и системы хранения данных. Миграция информационных и сетевых структур в «облако» гарантирует дополнительную информационную безопасность.

Виртуализация — это технология, которая позволяет на одном физическом сервере разворачивать разное количество виртуальных серверов и рабочих мест для специалистов, а также эмулировать адаптеры.

Существует виртуализация оборудования, операционных систем, программного обеспечения, памяти, хранилищ данных, баз данных, сетей.

Виртуализация операционных систем используются разные методы.

Программная виртуализация имеет хост поверх, которого запускается платформа виртуализации, которая эмулирует аппаратные компоненты.

Паравиртуализация операционной системы взаимодействует с программой гипервизора, который предоставляет гостевой программный

интерфейс приложения, вместо использования на прямую ресурсов, как таблица страниц памяти.

Аппаратная виртуализация с поддержкой процессорной архитектуры использует изолированную гостевую систему, которая управляет гипервизором напрямую.

Виртуализация сети – это объединения аппаратных и программных сетевых адаптеров в единую vLan. Внешняя виртуализация соединяет множество сетей в одну виртуальную. Внутренняя создает виртуальную сеть между программными контейнерами внутри одной системы.

Виртуальная машина – это полностью изолированный программный контейнер, который работает с собственной операционной системой (ОС) и приложениями. Она идентична физическому компьютеру содержит собственные виртуальные оперативные запоминающие устройства (ОЗУ), жесткий диск, сетевой адаптер, периферийные устройства. Разворачивание виртуальной машины возможно при поддержке технологией виртуализации от Amd и Intel. На одном компьютере может располагаться несколько виртуальных машин, которым выделяется необходимое количество ядер, объем оперативной памяти и объем хранилища. На виртуальную машину устанавливается собственная операционная система [3].

VMware предоставляет комплексную платформу управления облаком, с помощью которой можно администрировать гибридные (многооблачные) среды с любыми рабочими нагрузками — от традиционных до контейнерных (облачных). vRealize ускоряет предоставление ИТ-услуг благодаря автоматизации и предварительно заданным политикам, которые обеспечивают высокие уровни адаптивности и гибкости для разработчиков и бизнес-подразделений с сохранением необходимого уровня контроля.

Независимые аналитики назвали платформу VMware для управления облаком явным лидером в сегменте решений по управлению многооблачными средами, опередившим 10 конкурентов.

В комплексе облачной платформы на базе VMware входят различные программные решения, в том числе, по управлению, мониторингу и хранению и резервированию данных.

VMware Site Recovery Manager – инструмент облачной технологии, который автоматизирует процессы аварийного восстановления, обеспечивает тестирование системы после сбоев и перенос между облачными средами без простоев. Автоматизированное аварийное переключение без прерывания работы обеспечивает высокий уровень надежности облачной инфраструктуры за счет информационного резервирования [2].

Hyper-V – виртуальный гипервизор разработанный Майкрософт поддерживает аппаратную виртуализацию и работает на 64 битных операционных системах Windows, Linux. Гипервизор встроен начиная с windows server 2008. Управление средой виртуализации в Hyper-V с помощью Virtual Machine Manager – это единый центр управления.

Kernel Virtual Machine (KVM) – решение с открытым исходным кодом разработанное Red Hat для виртуализации Linux. Гипервизор интегрирован в ядро Linux, что позволяет гостевой операционной системе обращаться напрямую к оборудованию платформы, что увеличивает быстродействие. Для KVM требуется эмуляция процессора, памяти, жесткого диска и периферийных устройств с помощью QEMU, который исполняет бинарный программный код на различных уровнях доступа с разграничеными правами доступа. Управление виртуальной машиной, создание и миграция хостов с помощью ConVirt имеет широкий функционал.

Заключение. Таким образом, можно сделать вывод, что програмно-аппаратный комплекс, основанный на VMware, – это мощная платформа виртуализации, которая консолидирует производительность физического железа путем эксплуатации виртуальных машин на одном сервере.

Гипервизор ESXi работает на базе собственного разработанного ядра VMkernel, аппаратные драйвера включены в гипервизор, что ускоряет его производительность. Благодаря этому использование данного комплекса обеспечивает стабильность системы, возможность восстановления данных при аварийных ситуациях и совместимость с различными операционными системами, такими как Linux, MacOS или Microsoft Windows.

Список литературы

1. Костров Б.В. Основы цифровой передачи и кодирования информации учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Информатика и вычислительная техника» / Б. В. Костров. – Рязань: ФГБОУ РГРТУ, 2010. – 196 с.
2. Костров Б.В. Обоснование выбора пользовательского интерфейса для информационной поисковой системы / Б.В. Костров, С.Г. Борисов, Ю.Б. Кострова // Информатизация населения и устранение цифрового неравенства как фактор социально-экономического развития региона: материалы международной научно-практической конференции. – Рязань: РИЭ НОУ ВПО СПбУУиЭ, 2015. – С. 179-182.
3. Костров Б.В. Интерфейс экспертной системы распараллеливания и анализа нейропроцессорных структур / Б.В. Костров, В.Н. Ручкин, В.А. Фулин, Д.Р. Пикулин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – № 9-1. – С. 110-117.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИНВАРИАНТНЫХ МОМЕНТОВ
ДЛЯ ПОИСКА ОБЪЕКТА НА ИЗОБРАЖЕНИИ-СЦЕНЕ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ OPEN COMPUTER VISION**

Котенко В.Н.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
kotenko1967@gmail.com

Введение. В настоящее время актуальной является задача создания программного обеспечения системы технического зрения робота, так как техническое зрение с одной стороны обеспечивает информационную составляющую интеллектуальной системы поддержки принятия решений, а с другой, – осуществляет контроль действий, планируемых системой поддержки принятия решений. При реализации системы технического зрения робота решаются три основные задачи:

- 1) получение информации об объектах в рабочей зоне робота;
- 2) распознавание и идентификация объектов в рабочей зоне робота;
- 3) построение карты рабочей зоны робота.

На вход системы технического зрения робота поступает видеопоток, – изображение сцены с большим количеством объектов, и изображение, – шаблон поиска. Система должна реализовать задачу распознавания объекта на изображении-сцене. Распознавание заключается в том, что найденный объект должен быть отнесен к какому-либо взаимоисключающему классу, т.е. представляет собой один из видов задач классификации. Если в классе один объект, то классификация превращается в идентификацию.

На текущий момент существуют пять основных методов для идентификации объекта на изображении-сцене:

- 1) поиск объектов по цвету (в случае, если объект выделяется на фоне по цвету);
- 2) сопоставление по ключевым точкам (у объекта выделяются некоторые особенности, которые сопоставляются с такими же особенностями на другом изображении);
- 3) методы машинного обучения (вначале классификатор обучается на картинках с искомым объектом, затем изображение-сцена каким-либо способом разделяется на части и осуществляется проверка классификатором каждой из частей на наличие искомого объекта);
- 4) сопоставление с шаблоном (поиск в другом изображении имеющегося изображения);
- 5) выделение и анализ контуров (если, например, искомый объект имеет форму прямоугольника, то на изображении ищутся прямоугольники).

Таким образом, можно констатировать, что существуют несколько методов поиска объекта на сцене, эффективность применения которых зависит от характеристик искомого изображения и изображения-сцены.

Если контур искомого объекта имеет сложную форму, то для сравнения его с контурами изображения-сцены предлагается воспользоваться моментами контуров. Момент представляет собой характеристику контура объекта изображения, которая рассчитывается интегрированием всех пикселей контура. В данной работе для сравнения предлагается использовать инвариантные моменты.

Актуальность использования метода инвариантных моментов для поиска объекта на изображении сцене определяется тем, что повышается эффективность поиска и появляется возможность обеспечить устойчивость к изменению масштаба, устойчивость к сдвигам, а также устойчивость к поворотам искомого объекта на изображении-сцене.

Целью настоящего исследования является определение основных характеристик изображений, подвергающихся обработке, увеличение их качественных характеристик для повышения эффективности обработки, разработка алгоритма поиска объекта на изображении-сцене и создание программного обеспечения для реализации алгоритма поиска.

Результат. Поиск объекта на сцене осуществляется по следующему алгоритму:

1. Из файла считывается изображение, содержащее шаблон поиска.
2. С помощью функции GaussianBlur библиотеки Open Computer Vision (OpenCV) осуществляется сглаживание картинки, – шаблона поиска, свёрткой изображения с гауссовым ядром 3x3 с целью уменьшения шума изображения и уменьшения детализации.
3. Затем изображение подвергается бинаризации с использованием алгоритма выделения границ Canny с заданными порогами.
4. На полученном изображении с помощью функции findContours библиотеки OpenCV находятся контуры и определяется контур с максимальным периметром, – A (рис.1).

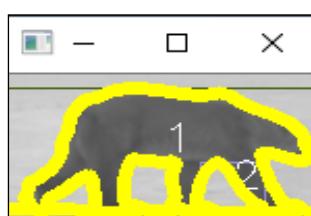


Рис. 1. Контуры шаблона поиска

5. С видеокамеры получается очередной кадр, являющийся изображением-сценой (рис. 2). Изображение-сцена подвергается гауссовому размытию и бинаризации. С помощью функции findContours находятся все контуры изображения-сцены, – B_1, B_2, \dots, B_n (рис. 3).



Рис.2. Изображение-сцена



Рис.3. Контуры изображения сцены

6. Для контура A и всех контуров изображения-сцены B_1, B_2, \dots, B_q вычисляются инвариантные моменты.

7. Для контура A объекта поиска можно вычислить расстояние между ним и каждым контуром B_i ($i=1,2,\dots,n$) изображения сцены с использованием инвариантов контуров m_A^i и m_B^i по формуле:

$$I(A, B) = \sum_{i=1,2,3,4,5,6,7} \frac{|m_A^i - m_B^i|}{|m_A^i|}, \text{ где } m_A^i = \text{sign}(h_A^i) * \log_{10}(h_A^i), \quad m_B^i = \text{sign}(h_B^i) * \log_{10}(h_B^i).$$

Для вычисления расстояния используется функция matchShapes OpenCV: `match = matchShapes(contourShablon, contour[i], CONTOURS_MATCH_I3, 0)`. Вычисленные расстояния показаны на рисунке 4.

```
[i] Testirovaniye funktsii matchShapes()
porog is: 321
[i] 1 match: 2.14
[i] 2 match: 8.92
[i] 3 match: 9.24
[i] 4 match: 6.17
[i] 5 match: 11.31
[i] 6 match: 7.21
[i] 7 match: 4.52
[i] 8 match: 10.47
[i] 9 match: 10.83
[i] 10 match: 11.44
[i] 11 match: 8.51
[i] 12 match: 0.00
[i] 13 match: 10.52
[i] 14 match: 42.38
```

Рис. 4. Расстояния между контурами с использованием инвариантных моментов

8. Из сравниваемых пар выбирается пара с минимальным расстоянием. В вышеприведенном примере – это пара с номером 12.

В заключении стоит отметить, что предложенный метод характеризуется простотой алгоритма и позволяет минимизировать временные затраты на идентификацию объекта на изображении-сцене за счёт сравнения инвариантных моментов контуров изображений-сцены с инвариантными моментами контура эталона, а не сравнения с самим эталоном. Характерной особенностью метода является высокая точность распознавания, инвариантность к повороту, отражению, сдвигу и масштабированию.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ ПОЖАРНЫМ РОБОТОМ

Котенко Ю.В., Котенко В.Н., Рюмишина О.С.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
melin1989@mail.ru

Введение. Инциденты возникновения пожаров, появившиеся с открытием и использованием огня, тесно связаны с достижениями человеческой цивилизации. С интенсификацией человеческой деятельности появились некоторые новые характеристики пожаров, которые необходимо учитывать при их ликвидации.

Пожар внутри туннеля; человек, оказавшийся в ловушке под обломками рухнувшего здания; пожар вблизи горючих веществ, которые может взорваться; пожар на складе взрывчатых веществ или боеприпасов и т.п. – это ситуации, которые на сегодняшний день требуют вмешательства человека и должны быть разрешены наиболее безопасным способом. Обеспечение безопасности человека требует появления надежных и умных роботов, которые могут предупредить, поддержать или заменить человеческое вмешательство в наиболее опасных ситуациях для минимизации рисков, которым подвергаются люди.

Таким образом, существует растущая потребность в мобильных роботах способных заменить человека в неизвестных и сложных условиях.

Основным преимуществом использования робота в пожаротушении является его потенциальная способность выдерживать высокие уровни температуры и различные виды опасных излучений. Робота можно использовать во время пожара самыми разнообразными способами. В дополнение к борьбе с огнем водой мобильный робот может, например, помочь провести анализ чрезвычайной ситуации, показав кадры с места пожара сотрудникам службы спасения, которые находятся за пределами сооружения, в котором произошло возгорание.

Обнаружение жертв, запертых в горящем здании, – одна из наиболее важных задач, которая стоит перед каждым сотрудником службы спасения, и является преимуществом перед началом борьбы с огнем, и эта задача также может быть решена умным роботом, тем самым предотвращая риски, возникающие при проникновении спасателя в горящее задние.

Робот, оснащенный соответствующими инструментами, может не только эффективно устраниТЬ уже существующий пожар, но также и предотвратить его появление. Иными словами, робот может уменьшить необходимость пожаротушения в опасных ситуациях.

Актуальность исследования заключается в реализации системы компьютерного зрения пожарного робота и его использования для

определения типа материала горения с целью выбора подходящего средства пожаротушения, что предотвратит распространение пожара и поможет избежать ошибок при ликвидации пожара, например, таких, как тушение водой электропроводки или приборов под напряжением, а также тушение песком веществ, горение которых может происходить без доступна воздуха (алюминий, магний и их сплавы, натрий, калий, термит, целлULOид) и т.п.

Целью является создание автоматизированной системы управления пожарного робота, позволяющей, минуя препятствия, доставить робота к очагу возгорания, на основе использования нейронной сети осуществить определение материала горения и принять решение по его корректной ликвидации.

Результат. Реализация данной работы была разделена на две части:

- 1) конструирование и программирование робота;
- 2) разработка и внедрение системы компьютерного зрения.

Используя спецификации требований и фоновые исследования, было выделено пять структурных компонентов, которые обеспечивают минимальную функциональность системы:

- 1) система питания;
- 2) система двигателей;
- 3) система датчиков;
- 4) система микроконтроллера;
- 5) система принятия решений.

Наиболее важным аспектом в электронной системе является батарея, поскольку она позволяет мобильному роботу функционировать. Для выбора подходящего источника питания был проведен ряд измерений и исследований, в соответствии со спецификацией требований к электронным компонентам для функционирования робота в окружающей среде, в результате которых был найден наиболее подходящий вариант аккумуляторной батареи.

Система двигателей имеет важное значение для привода двигателей и получения обратной связи от кодеров, а их моторная система состоит из блока управления двигателя и самого двигателя. Система питается от регулируемого напряжения системы питания, в то время как двигатель управляет через микроконтроллер. Контроллер двигателя действует как промежуточное устройство между двигателями, источником питания и микроконтроллером. Это устройство необходимо, поскольку микроконтроллер не может обеспечить величину тока, необходимую для работы каждого двигателя.

Система датчиков используется для получения необходимой информации из окружающей среды. Получение точных данных имеет наибольшее влияние на корректное функционирование робота. В её состав входят: камера, ультразвуковой датчик и датчик огня.

Система микроконтроллера обеспечивает взаимосвязь и работоспособность всех вышеперечисленных систем и является «мозгом» роботизированной системы.

Система принятия решений обеспечивает работоспособность функции компьютерного зрения. Для реализации функционирования компьютерного зрения была разработана искусственная свёрточная нейронная сеть. Модель была обучена на наборе данных из 10 классов объектов. Обучение проводится просто, – все изображения подвергаются сегментации на основе выделения признаков, а затем классификатор подбирает определенным образом веса, чтобы в дальнейшем по значениям признаков предсказывать наличие в сегментах определенного класса.

После завершения обучения модели и сохранения её значений для дальнейшего использования на любом изображении можно выделять сегменты различных классов объектов.

Разработанная система была протестирована в ходе физических испытаний, где показала полное соответствие поставленным требованиям, эффективную обработку полученных данных и принятие решений в режиме реального времени.

Тестовые испытания пожарного робота показаны на рис. 1.



Рис.1. Физическое испытание пожарного робота

В **заключении** следует отметить, что разработанная система управления мобильным пожарным роботом позволяет не только снизить риск получения ущерба, предотвратив распространение возгорания, но также обеспечивает возможность безопасной ликвидации источника пожара посредством определения материала горения и выбора соответствующих средств пожаротушения.

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ «КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ – ЭКСКУРС В ИСТОРИЮ»

Котенко Ю.В., Котенко В.Н., Хвыль А.Д.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
melin1989@mail.ru

Введение. В настоящее время происходит дальнейшее становление информационного общества, в котором доминирующий вид деятельности связан с производством информационного продукта. От того, насколько эффективно человек может работать с информацией, зависит его интеграция в это общество. Кроме того, информационные потоки, в которых необходимо ориентироваться современным специалистам, неуклонно возрастают, стимулируя разработку новых технологий (совокупности средств и способов) для работы с информацией, т.е. информационных технологий. Основным техническим средством современных информационных технологий остаётся компьютер, аппаратное и программное обеспечение которого позволяют автоматизировать множество информационных процессов.

Среди информационных технологий следующего поколения можно выделить технологии для взаимодействия с мультимедиа ресурсами. В первую очередь, это новые способы взаимодействия с виртуальными объектами с помощью такой технологии как дополненная реальность.

Дополненную реальность можно определить, как среду с прямым или косвенным дополнением физического мира цифровыми данными в режиме реального времени при помощи соответствующего аппаратного и программного обеспечения компьютерной техники. Применение технологии дополненной реальности позволяет достигнуть более высокой степени интеграции виртуального мира с реальным.

Эта технология позволяет достичь нового уровня визуализации информации. Главной особенностью данной технологии является непосредственная привязка к реальному окружающему миру, технология позволяет одновременно видеть и использовать виртуальные и реальные объекты в окружающем человека мире.

Актуальность. Дополненная реальность расширяет возможности печатных средств массовой информации, позволяя предоставить читателю больше информации, чем печатная поверхность. Печатная продукция используется как средство привлечения потенциальных абитуриентов на кафедру, но ограниченные ресурсы кафедры не позволяют донести весь материал, который может заинтересовать будущих студентов.

Преимущества использования дополненной реальности: меткой дополненной реальности может стать любое изображение; возможность использования различных моделей, созданных в программах для 3D моделирования; возможность использования до нескольких десятков «живых 3D меток» одновременно; себестоимость тиражирования 3D-приложения через Интернет минимальна; метки могут взаимодействовать между собой, а 3D объекты на них могут подчиняться законам физики реального мира; проект на метках можно дополнить текстовой и звуковой информацией, а также создать в нем многоуровневое меню; метки дополненной реальности дают аудитории возможность поработать с продуктом на уровне моторики; дополненная реальность привлекает внимание и объясняет сложные вещи простым визуальным языком.

Маркеры делают подачу информации намного привлекательней, информация становится доступной пользователю в режиме реального времени, не требуя усилий для её поиска в других источниках.

Можно выделить причины актуальности дополненной реальности:

- 1) доступность информации и интерактивность;
- 2) эффект-«вау», – необычный способ представления информации, который позволяет привлекать внимание аудитории;
- 3) реалистичность
- 4) инновационность;
- 5) применение дополненной реальности практически безгранично.

Существует понятие уровня погруженности. На примере web-сайта он может колебаться и зависеть от формы подачи материала на сайте и желания пользователя получать новую информацию. Читатель либо читает новость и, получив всё необходимое, уходит, либо идёт дальше по ссылкам, углубляясь в ресурс. С этой точки зрения уровень погруженности печатной продукции всегда равен единице. Дополненная реальность позволит увеличить уровень, дав читателю доступ к цифровой среде, мотивировав его к активности и познанию чего-либо нового.

Целью данного проекта является разработка и проектирование приложения дополненной реальности истории кафедры компьютерных технологий, позволяющее раскрыть историю кафедры, где ключевыми маркерами будет спроектирована брошюра кафедры.

Это позволит объединить традиционную печатную продукцию с новыми технологическими достижениями. Приложение будет использовано в качестве маркетингового инструмента, привлекающего внимание аудитории. Использование приложения дополненной реальности предоставит будущим абитуриентам доступ к дополнительным материалам без излишних затрат.

Результатом является реализованное приложение дополненной реальности «Кафедра компьютерных технологий – экскурс в историю». При выполнении проекта был сделан анализ предметной области и описан

механизм дополненной реальности. на основе чего было подготовлено техническое задание для приложения дополненной реальности. Было проведено исследование истории кафедры Компьютерных технологий, собраны исторические фотографии и составлен полноценный текст, который был в последствии озвучен и добавлен в приложение.

На основе исходных материалов была разработана брошюра кафедры, показанная на рис. 1, которая используется в качестве маркеров. Спроектирован и реализован анимированный 3D персонаж.



Рис.1. Страницы брошюры кафедры Компьютерных технологий:
а – первая страница; б – вторая страница; в – четвертая страница

Приложение реализовано с помощью Unity 3D – кросс-платформенного движка для создания игр и приложений. Для решения основных задач приложения использовался инструментарий разработчика программного обеспечения дополненной реальности Vuforia. Для реализации 3D-модели персонажа применялась программа ZBrush, а инструментарий Autodesk Maya, – для реализации анимации персонажа. Звуковые дорожки записаны вручную, а затем скорректированы с помощью пакета Adobe Premiere Pro.

В **заключении** стоит отметить, что приложение дополненной реальности «Кафедра компьютерных технологий – экскурс в историю» может быть использовано преподавателями кафедры для проведения агитационной работы с целью повышения заинтересованности новых студентов из числа выпускников школ, техникумов и лицеев при поступлении на направление подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, а также будущими абитуриентами и их родителями для знакомства с кафедрой Компьютерных технологий в условиях ограничения доступа на факультет при форс-мажорных обстоятельствах.

ТЕХНОЛОГИЯ ДОПЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЭКСКУРСИОННОГО ТУРА ПО ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТЯМ ДОНЕЦКА

Котенко Ю.В., Цыбик А.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
melin1989@mail.ru

Введение. Процессы социализации, образования и профессиональной деятельности в условиях постиндустриального общества сопровождаются беспрецедентно быстро меняющейся информационной инфраструктурой в повседневной и деловой жизни. Актуальными явлениями современного социума являются непрерывное обучение новым знаниям, существование человека в разнообразных сферах коммуникативного процесса, что требует перманентного овладения навыками новых форматов коммуникации на всех уровнях. Например, относительно недавно понятия «виртуальная реальность» и «дополненная реальность» в сознании большинства людей ассоциировались с чем-то из области научной фантастики. Сегодня эти технологии активно внедряются не только в сфере досуга и развлечений, но и находят применение в науке, технике, дизайне, медицине, образовании, масс-медиа и в разных сферах бизнеса.

В наши дни значительного развития достигли многие инновационные технологии, среди которых технологии дополненной реальности (Augmented Reality – (AR)). Стоит сказать, что AR пока воспринимается больше, как что-то несерьезное, уловка маркетологов, которая пришла на смену вкладыванию в глянцевые журналы рекламным 3D-очкам.

Актуальность. Дополненная реальность имеет большой потенциал для развития и совершенствования. Эта технология может в будущем перевернуть весь мир, сделать его намного удобнее, интерактивнее и безопаснее. В направлении развития технологии дополненной реальности работает много компаний. Многие из них сосредоточены на внедрении данной технологии в образовательную сферу – от дошкольных учреждений до высших учебных заведений. Данная технология представляет собой некое связывающее звено между двумя мирами – реальным и виртуальным. В этом главное преимущество технологии AR перед технологией полной виртуальной реальности (VR).

Технологии дополненной реальности по своей природе контактируют с реальностью, но не заменяют, а дополняют ее. Такое положение дает возможность устраниТЬ возможные психологические угрозы применения этой технологии в образовательной сфере, начиная с дошкольного возраста – даже если пользователь системы дополненной реальности еще не умеет читать.

Проведенные исследования позволяют говорить о высокой степени актуальности и востребованности применения новейших технологий дополненной и виртуальной реальности, а также констатировать довольно активный процесс внедрения виртуальных технологий.

В связи с беспрецедентной скоростью развития и внедрения информационно-коммуникационных технологий во все сферы человеческой деятельности внедряют новейшие форматы взаимодействия человека с окружающим его миром, которые не только улучшают качество восприятия информации, но и повышают уровень усвоемости материала.

Процесс внедрения новых форматов подачи информации посредством дополненной реальности является огромным шагом в развитии технологий. С их помощью каждый человек, в любой сфере жизни может получить развернутую информацию с наглядной демонстрацией процесса взаимодействия с тем или иным объектом. Так маркеры дополненной реальности создают информационную связь с объектами реального мира, и все это доступно пользователю в режиме реального времени.

Многие специалисты утверждают, что технология AR и VR – это один из ведущих технологических трендов. Сегодня ее рынок называют одним из самых быстрорастущих.

Можно точно утверждать, что технологии AR и VR-реальности, активно модернизируясь с каждым днем, имеют огромный потенциал развития и дальнейшие перспективы в сфере высшего и профессионального образования человека.

Целью данного проекта является разработка и проектирование приложения дополненной реальности, в котором реализован виртуальный экскурсионный гид по достопримечательностям города Донецка. Этот гид будет в течение нескольких минут рассказывать историю создания отдельно взятой достопримечательности, чтобы каждый человек, будь то гость нашего города или коренной житель, узнал историю великого города Донецка.

Результатом является реализованное приложение дополненной реальности «Экскурсионный тур по достопримечательностям Донецка». При выполнении проекта был проведен анализ предметной области, изучены все сферы применения AR технологий и технические требования для создания дополненной реальности, рассмотрено применение технологий дополненной реальности как вспомогательного инструмента с помощью платформы дополненной реальности Vuforia.

На основе исходных материалов, истории и фотографий достопримечательностей были разработаны карточки, используемые в качестве маркеров для приложения, изображенные на рис. 1. Спроектирован и реализован анимированный 3D персонаж. Составлен и озвучен текст для описания каждой достопримечательности.



Рис. 1. Карточки с достопримечательностями Донецка

При реализации приложения использовались:

- 1) кроссплатформенная среда для создания приложений Unity 3D;
- 2) инструментарий разработчика программного обеспечения дополненной реальности Vuforia;
- 3) программа для 3D-моделирования ZBrush для создания 3D-модели персонажа;
- 4) редактор трёхмерной графики Autodesk Maya для анимации 3D-модели персонажа;
- 5) пакет Adobe Premiere Pro для редактирования предварительно записанных аудиодорожек.

В **заключении** стоит отметить, что приложение дополненной реальности «Экскурсионный тур по достопримечательностям Донецка» может быть использовано туристами и гостями родного края, а также жителями Донецка для знакомства с историческими фактами возникновения достопримечательностей нашего города. Приложение позволяет повысить уровень доступности информации и осведомлённости заинтересованных людей.

О НОВОМ ПОДХОДЕ К СОЗДАНИЮ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР С АДАПТИВНЫМ ИГРОВЫМ ПРОЦЕССОМ

Куликов И.А., Шарий Т.В., канд. техн. наук,
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
Kulikov.ivan09@gmail.com

Введение. Индустрия компьютерных игр на сегодняшний день является одной из самых быстро развивающихся и востребованных в сфере информационных технологий. Наряду с развлекательным эффектом, игры часто дают неочевидные толчки для научных исследований в области искусственного интеллекта, компьютерной графики и оптимизации алгоритмов. Кроме того, важным элементом компьютерных игр является иммерсивность, под которой понимается способность игры вовлекать пользователя за счёт убедительности и высокой степени проработки деталей игрового мира [1,2].

Целью работы является разработка и исследование нового подхода к игровому процессу социальных игр с высокой степенью иммерсивности, вариативности и непредсказуемости. Данный подход должен быть адаптивным в том смысле, что он будет основываться на автоматической генерации игрового мира по результатам анализа информации реальной окружающей среды и пользователей социальных сетей.

Анализ состояния вопроса. Проведенный в ходе работы обзор игр с социальным аспектом выявил недостатки игр в отдельных жанрах. В жанре детектива играм не хватает социальной составляющей; казуальным играм и викторинам присущ низкий уровень иммерсивности; для карточных игр характерен слишком примитивный игровой процесс. Еще одной категорией игр являются парсерные игры, которые выполняют синтаксический анализ вводимых игроком текстовых команд, по результатам которых выстраивается взаимодействие с игровым миром. Для этого используются заранее заготовленные шаблоны. Революционным развитием этого подхода является игра AI Dungeon, в которой сценарий игры генерируется на лету с помощью авторегрессионной языковой модели GPT-3 [3].

Описание нового игрового процесса. Новый подход, предлагаемый в данной работе, можно считать продолжением идеи игры AI Dungeon, в котором сценарий адаптируется под конкретных людей и реальный мир с целью достижения еще большей иммерсивности. Последовательность действий игрового детективного процесса (одна из множества возможных) такова: 1) игрок запускает приложение под своей учетной записью в социальной сети; 2) приложение объясняет пользователю, что из его списка друзей случайный человек будет выбран в качестве «убийцы», другой случайный человек будет «жертвой», а третий – «шерифом»; 3) в игре будут

выпускаться газеты, в которых раз в игровой день будут публиковаться статьи с информацией об очередном громком преступлении, в котором фигурирует жертва (имя, фамилия и фото из профиля социальной сети); в тексте статьи зашифрованы некоторые сведения о личности преступника; 4) после закрытия экрана с газетой появляется диалоговый экран с шрифтом, которому раз в день игрок может назвать личность убийцы, просматривая возможные варианты из собственной ленты друзей вне игры; 5) если игрок называет неправильное имя и фамилию, на следующий игровой день он видит новое имя жертвы в газете и новые подсказки на личность преступника (связанные, например, с отношением к курению, хобби, семейным положением или любым другим параметром, находящимся в свободном доступе); 6) игрок снова может назвать личность преступника шрифту; 7) в случае успеха дело будет закрыто, а игроку предложат сообщить своим друзьям текстовым сообщением сгенерированную историю на основе ведения криминального дела.

Ключевым блоком в схеме реализации представленного игрового процесса является генерация развернутого и интригующего текстового описания расследуемого преступления. В работе предлагается применять генеративную модель GPT для создания правдоподобного текста. Для достижения максимальной иммерсивности и непредсказуемости на вход модели подаются не только данные пользователя, но и информация из внешних web-сервисов: погода, реальные новостные сводки по городу, в котором живет пользователь, и т.д.

Пользовательская информация интегрируется в виде его фотографий, личных данных в открытом доступе, интересов, подписок, статусов, списка друзей и информации о них. Извлечение этих данных и взаимодействие с ними происходит с помощью программного интерфейса vk API.

Выводы. В работе предложен новый подход к игровому процессу в компьютерных играх, объединяющий в себе элементы парсерных и социальных игр с возможностями искусственного интеллекта. На текущем этапе работы выполняется программирование игры и анализ текстового содержимого, генерируемого моделью GPT.

Список литературы

1. Шелл Дж. Искусство геймдизайна. Книга Линз / Дж. Шелл. – М.:Альпина Паблишер, 2019. – 820 с.
2. Sylvester T. Designing Games. A guide to Engineering Experiences / T. Sylvester. – O'Reilly Media, 2017. – 464 р.
3. Brown T.B. et al. Language Models are Few-Shot Learners [Электронный ресурс] // arXiv.org. Дата обновления: 28.05.2020. URL: <https://arxiv.org/abs/2005.14165> (дата обращения: 20.09.2020).

ПОВЫШЕНИЕ КОНТРАСТА АЭРОФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В СЛОЖНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Лукин Е.А., Семилетов И.М., канд. физ.-мат. наук,

Базарский О.В., д-р физ.-мат. наук, проф.

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского

и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, РФ

someone127@yandex.ru

Введение. Качество аэрофотоизображений, полученных в сложных метеорологических условиях (СМУ), очень низкое. Существующие линейные графические редакторы, например Paint.NET, улучшают качество аэрофотоснимков только при значительных уровнях освещенности сцены [1, 2].

Основная часть. Для повышения контраста изображений предлагаются использовать нелинейные преобразования дифракционно уширенных пикселей изображения и фона (рис. 1).

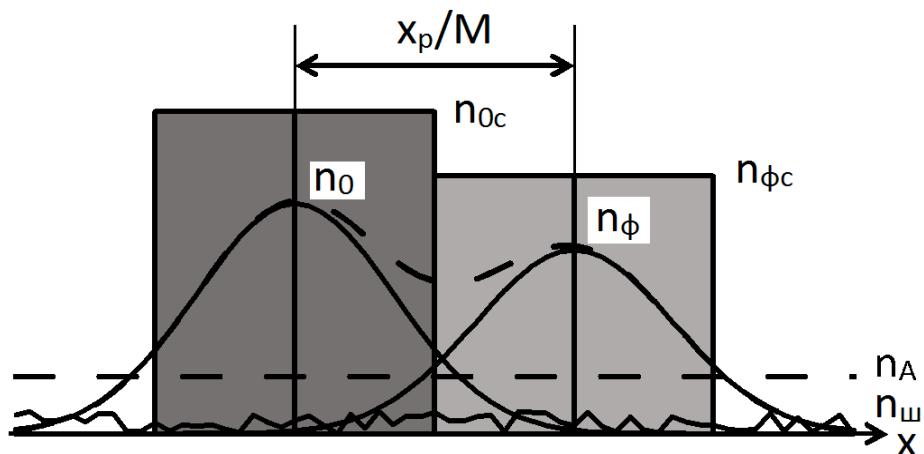


Рис. 1. Модель дифракционно уширенных пикселей объекта и фона

Здесь M – коэффициент уменьшения изображения, n_0 – уровень отражения объекта, n_ϕ – уровень отражения фона.

Для улучшения контраста неоднородности на фоне местности предлагается нелинейное преобразование пикселей изображения. Теоретически показано, что степенная обработка пикселей изображения позволяет существенно повысить его контраст. Однако, как показали экспериментальные исследования, квадратичное преобразование приводит к тому, что большинство пикселей имеют значения каналов R, G и B больше 256 бит и изображение теряет даже тот малый контраст, которым оно обладало. Поэтому мы поступили следующим образом: на первом

этапе обработки определялся средний порог яркости изображения между максимальной и минимальной яркостью пикселей. Затем пиксели, яркость которых была меньше порога, подвергались классическому линейному преобразованию, а яркости остальных пикселей возводились в степень, равную 1,27. В результате разрешающая способность изображения улучшилась в 1,5 раза при улучшении контраста более чем в два раза.

Рассмотрим результаты эксперимента по улучшению качества исходного изображения. Из рис. 2 видно, что исходное изображение миры с периодом 4,5 мм практически не разрешается.

Обработанное изображение с использованием программы GIMP 2.8 представлено на рис. 3 внизу. Здесь уже разрешаются линии с периодом 4,5 мм за счет усиления контраста. Качество изображения повышается незначительно, но мозаичность изображения усиливается.

На рис. 3 вверху показано изображение миры, обработанное с помощью разработанного степенного преобразования.



Рис. 2. Фотография миры без обработки изображения

Из фрагмента миры (рис. 3 вверху) видно четкое воспроизведение изображения с разрешением 3 мм. За счет оптимальной нелинейной обработки изображения оно приближается к бинарному, что позволяет с большей вероятностью распознавать контур объекта на фоне местности, хотя верная передача полутона изображения нарушается.

Таким образом, в результате проведенных исследований нами установлено, что при использовании стандартной программы GIMP 2.8 контраст улучшился незначительно, обеспечивая разрешение в 4,5 мм. Т.е. в условиях СМУ существующие программы слабо улучшают качество изображения, незначительно увеличивая контраст, но возрастает мозаичность фона.

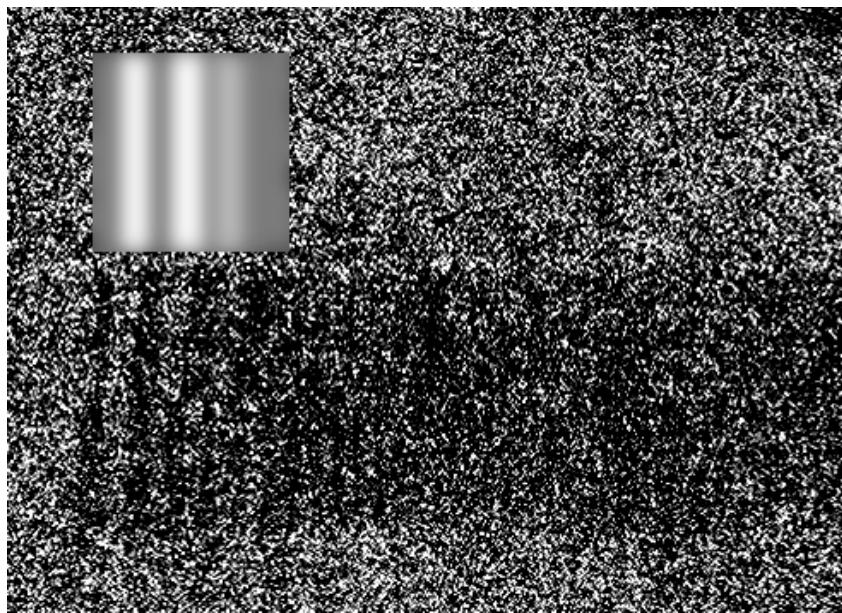


Рис. 3. Повышение контраста миры с использованием степенного преобразования яркости пикселей (вверху) и программы GIMP 2.8 (внизу)

Заключение. Таким образом, предложенное линейно-степенное преобразование изображения, полученного в сложных метеоусловиях, позволяет улучшить как его контраст, так и разрешающую способность.

Список литературы

1. Красильников Н.Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб. пособие / Н.Н. Красильников. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011. – 608 с.
2. GNU IMAGE MANIPULATION PROGRAM : сайт. – URL: <http://www.gimp.org> (дата обращения: 20.04.2020).

УДК 004.92

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Мартыненко А.М., Головченко Е.П.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
golowchenko957@gmail.com

Введение. Фотография – это искусство, появившееся в 1830 году и получившее широкую популярность десятилетием позднее [1].

Редактирование фотографий стало привычным явлением современной жизни каждого человека. Более 170 лет назад, за длительное время до появления Photoshop, люди уже редактировали изображение: улучшали кожу, удаляли лишние предметы с кадра. Желание доработать

снимок существовало с тех же времен, как и сама фотография, поменялись лишь только способы.

Ранее фото редактировали с помощью многократной экспозиции, комбинации негативов в темной комнате, рисования на негативах и бумажных снимках. Достичь такого же результата, как с помощью компьютерных программ, было практически невозможно.

В настоящее время существует мощное программное обеспечение для редактирования фотографий, которое поможет максимально эффективно использовать цифровые изображения.

Целью данного исследования является сравнение современных технологий обработки графической информации, на примере графических редакторов Photoshop и Gimp, плюсы и минусы их использования со стороны обычного пользователя и профессионала.

Основная часть. Для сравнения были выбраны такие известные графические редакторы, как Photoshop и Gimp.

Компьютерное представление информации – цифровое.

Цифровое – значит, описано посредством чисел. Это позволяет хранить, просматривать и обрабатывать изображение в графических редакторах.

Растровые изображения представляют собой матрицу одинаковых по размеру квадратов. Каждый из них несет в себе цветовую информацию. Эти пиксели точно описывают сложнейшие оттенки цветов, сохраняя в числовой форме информацию о положении и цвете каждого отдельного пикселя.

В результате, если растровое изображение увеличить (jpg, tiff, psd, png, gif), будет видна мозаика из цветов, так называемые пиксели.

Photoshop считается графическим редактором, который обладает расширенным функционалом для работы с фотографиями и изображениями.

Gimp — это сокращение от GNU Image Management Program. GNU относится к программному обеспечению с открытым исходным кодом.

Данная программа предлагает внушительный инструментарий, который поддерживает больше тридцати форматов изображений, умеет работать со слоями, масками, фильтрами и режимами смешивания. В арсенале программы есть огромный спектр инструментов для цветокоррекции и обработки любых фотографий.

Проведя анализ функционала данного программного обеспечения, были выявлены следующие положительные и отрицательные характеристики, которые приведены в таблице 1.

Для обычного пользователя, который хотел бы научиться работать с графической информацией или просто улучшить качество своих фотографий, подойдет GIMP. Большинство же профессионалов пользуются программой Photoshop, и в этом нет ничего удивительного. Любой

профессионалом Photoshop, это в далеком прошлом человек, изучивший более простые аналоги. Какой бы аналог человек не выбрал, в конечном итоге ему придется выполнять проекты в Photoshop.

Таблица 1

Сравнение графических редакторов Photoshop и Gimp

Критерии	Photoshop	Gimp:
Переносимость на различные платформы	+	+
Плагины и расширения	+	+
Бесплатное использование	-	+
Мобильная версия программы	+	-
Возможность дополнить функционал программы	-	+
Облачные сервисы	+	-

Выводы. Проведенное исследование современных технологий обработки графической информации. Были рассмотрены графические редакторы Photoshop и Gimp со стороны пользователя и профессионала. Выявлены положительные и отрицательные стороны данного программного обеспечения.

Список литературы

1. Третьяк Т. Photoshop. Творческая мастерская компьютерной графики / Т. Третьяк, Л. Анеликова. – Издательство: Солон-Пресс, 2010 г. – 176 с.
2. Прохоров А. А. Самоучитель Photoshop CS6. Официальная русская версия (+ DVD-ROM) / А.А. Прохоров, М.В. Финков, Р.Г. Прокди. – М.: Наука и техника, 2013. – 484 с.
3. Молочков, Владимир Photoshop CS3 для фотографов и дизайнеров. (+ DVD-ROM) / Владимир Молочков. – М.: БХВ-Петербург, 2017. – 288 с.

УДК 004.023

**АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ОТСЛЕЖИВАНИЯ
ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО
ВРЕМЕНИ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ КРИТЕРИЕВ РАЗРАБОТКИ
СОБСТВЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Мартыненко А.М., Иванилов Б.Г.

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

Введение. Общественный транспорт является одной из неотъемлемых частей городской инфраструктуры. Проблема его перегрузки присутствует в городе Донецке. В России, странах СНГ и за рубежом вследствие глобализации технологий эту задачу решили

разработкой приложений, предоставляющих возможность отследить нужный транспорт и строить маршруты на основе возникших проблем на дороге. Для того, чтобы разработать подобное приложение для нашего города, стоит рассмотреть уже имеющееся программное обеспечение и составить критерии для функционала нашего прототипа.

Актуальность. В 2017 году Министерство транспорта ДНР обработало 2280 обращений граждан. Вопросы о работе пригородного, междугороднего и международного транспортов составляли 44% из всех обращений (1065 вопросов) [1]. Хранение, обновление и систематизация актуальной информации в одном доступном для всех ресурсе необходимо для повышения ориентированности в транспортной системе и замены старых методов решений новыми и возможными.

Цель работы – рассмотреть и проанализировать работу приложений с отслеживанием городского общественного транспорта в режиме реального времени и составить критерии разработки прототипа программного обеспечения для города Донецка.

Основная часть. В ходе анализа были выделены общие черты большинства приложений и сервисов:

1. Фильтры различного применения: выбранных маршрутов и остановок, для инвалидов, все виды транспорта или конкретные и т. д.
2. Выбор страны и города.
3. При выборе остановки на карте отображаются все маршруты, проходящие мимо неё и прогноз прибытия следующего маршрута.
4. Уведомления об изменениях в работе транспорта, которые реализованы разными способами.
5. Метки инфраструктуры: государственные учреждения, культурные сооружения, места общественного питания.
6. Кросплатформенность.
7. Отображение ближайших остановок и маршрутов в радиусе серединной точки карты или вашего местоположения.
8. Построение маршрутов.
9. В списке остановок выбранного маршрута слева с помощью метки отображается текущее местоположение транспорта, справа – время прибытия с учётом текущего времени.
10. Другое.

Отличительные черты отражены в таблице 1.

Недостатки проанализированных приложений:

1. Ни одно из приложений не предупреждает о работе транспорта в часы пик, чётких или приблизительных временных промежутков, когда происходит массовое передвижение людей и об уровне заполненности транспорта в это время.
2. Нет ходовых остановок. Остановка может располагаться в местах огромного количества людей: вокзалы, места проведения мероприятий, стадионы.

3. Зачастую люди используют тот маршрут, который позволяет добраться до конкретного места только им.

4. Не показано, сколько на линии транспорта сейчас и сколько съехало.

Таблица 1

Отличительные черты анализируемого ПО

Название ПО	Место разработки	Отличительные черты
EasyWay	Львов, Украина	<ul style="list-style-type: none"> - offline-карты; - фильтр с пересадками/без пересадок; - полная информация о маршруте (перевозчик, расстояние и т. д.); - прямой и обратный путь выделены разными цветами [2]
Transit	Монреаль, Квебек, Канада	<ul style="list-style-type: none"> - расписания на дни вперёд; - заказ Uber; - велосипеды, паромы; - отображение уровня заполненности транспорта [3]
Умный транспорт	Рязань, Россия	<ul style="list-style-type: none"> - минималистичный интерфейс[4]
Киевпастранс	Киев, Украина	<ul style="list-style-type: none"> - только веб-версия; - отдельный пункт с расписанием [5]
OneBusAway	Сиэтл, Вашингтон, США	<ul style="list-style-type: none"> - определённые цвета для категории времени прибытия транспорта: опаздывает, приедет раньше на n минут и т. д.; - только автобусы; - возможность редактирования названия остановок; - открытый исходный код [6]

Суммируя вышесказанное, можно определить критерии, по которым будет разрабатываться прототип программного обеспечения:

- наличие фильтров в картах;
- уровень заполненности транспорта;
- уведомления о работе транспорта, его состоянии, изменениях, в том числе и в часы пик;
- прогноз прибытия транспорта на остановку;
- метки инфраструктуры к конкретным маршрутам;

- отображение количества транспорта на линии;
- явное выделение конечных остановок, путей прямого-обратного ходов, ходовых остановок;
- хорошо прорисованные и детализированные карты;
- полная информация о маршруте.

Выводы. Проведено исследование аналогов отслеживания транспорта в режиме реального времени. Выполнен анализ, выявлены и составлены критерии для дальнейшей работы над ПО нашего образца.

Список литературы

1. Специалисты Министерства транспорта ДНР в 2017 году рассмотрели 2280 обращений жителей Республики // Министерство транспорта Донецкой Народной Республики URL: <http://donmintrans.ru/press/news/1273-spetsialisty-ministerstva-transporta-dnr-v-2017-godu-rassmotreli-2280-obrashchenij-zhitej-respubliki> (дата обращения: 16.09.2020)
2. EasyWay общественный транспорт // Google Play URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.eway> (дата обращения: 12.09.2020)
3. Transit – Bus & Subway Times // Google Play URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.thetransitapp.droid> (дата обращения: 12.09.2020)
4. Умный транспорт // Google Play URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=ru.bus62.SmartTransport> (дата обращения: 12.09.2020)
5. Транспорт online // Київпастранс URL: <https://kpt.kyiv.ua/online> (дата обращения: 12.09.2020)
6. OneBusAway // Google Play URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.joulespersecond.seattlebusbot> (дата обращения: 12.09.2020)

УДК 004.8

МЕТОД РАЗРАБОТКИ ИОТ-РЕСУРСОВ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ NODEMCU

Мартыненко А.М., Кулик А. С.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
anton.smile.1998@gmail.com

Введение. Согласно статистическим данным, концепция интернета вещей (англ. internet of things, IoT), начиная с 2010 года, считается устойчивой тенденцией в информационных технологиях, прежде всего, благодаря повсеместному распространению беспроводных сетей, появлению облачных вычислений и развитию технологий межмашинного взаимодействия [1]. Сегодня наличие беспроводной сети в домах, является негласным стандартом т.к. большинству людей доступен качественный интернет с массой устройств, подключенных в общую сеть.

Естественно, интерес к этой концепции у людей возник не беспочвенно. В первую очередь умные вещи позволяют разгрузить быт и автоматизировать повседневные, рутинные обязанности человека. Например, автоматическое освещение с различными алгоритмами работы, начиная включением света по расписанию и заканчивая взаимодействием с пользователем, посредством голосового управления. Так же это может быть: управление замками дверей, системой отопления, домашней метеостанцией, включением и отключением различных бытовых приборов и так далее. Говоря кратко, управлять и автоматизировать взаимодействие можно с бесчисленным множеством вещей в доме, единственным ограничивающим фактором является доступность платформы, с помощью которой можно реализовать все задуманные алгоритмы взаимодействия.

Актуальность. На рынке уже давно существуют готовые платформы от известных производителей электроники, поставляемые в комплекте со своим программным обеспечением, но, по моему мнению, они сильно усложняют реализацию индивидуальных потребностей пользователя и приостанавливают развитие данной концепции, ведь для реализации собственных идей, зачастую, не существует готового решения. К тому же основной проблемой готовых платформ является чрезмерно высокая цена комплектующих. Одной из альтернатив решения данных проблем, является платформа NodeMCU (рис. 1). Это плата на основе ESP8266, с помощью которой возможна реализация различных устройств интернета вещей (IoT). Модуль умеет отправлять и получать информацию в локальную сеть либо в интернет при помощи Wi-Fi. Недорогой модуль часто используется для создания систем умного дома или роботов Arduino, управляемых на расстоянии [3].

Целью настоящего исследования, выступает метод доступной реализации интернета вещей, при помощи платформы NodeMCU.

Для достижения поставленной цели проведен ряд исследований, в ходе которых, мной были протестированы собранные из покупных компонентов элементы умного дома, а также различные устройства, такие как квадрокоптер или контроллер бортовой сети самодельного электровелосипеда.



Рис. 1. NodeMCU

Результат. Плата неоднократно применялась во множестве моих проектов, показав отличную энергоэффективность и отказоустойчивость при различных физических факторах. Немаловажен тот факт, что платы находятся в бюджетном ценовом сегменте, это в свою очередь позволяет использовать их повсеместно в любых устройствах, не требуя больших финансовых вложений. Также данная платформа обладает отличной модульностью и имеет широкую поддержку всевозможных датчиков, устройств ввода-вывода, различных протоколов передачи-получения информации и тысячи регулярно обновляемых библиотек для разработки под любую задачу, вместе с подробной документацией.

В качестве программной основы для микроконтроллера, было принято решение использовать Blynk. Это аппаратно-независимая программная платформа IoT со своим мобильным приложением, частными серверами, аналитикой данных и машинным обучением. К преимуществам этой программной платформы можно отнести широкий функционал, кроссплатформенность и качественное приложение под мобильные устройства. Так же Blynk обладает стабильной работой серверов, что неоднократно было проверено мной на практике.

К примеру, хотелось бы привести часть проектов, собранных и полностью протестированных авторами:

1) Домашняя метеостанция на базе NodeMCU и датчика GY-BME280, способного измерять температуру, влажность и атмосферное давление с высокой точностью. Реализовано управление подсветкой мебели через модуль твердотельного реле G3MB-202P. Также к микроконтроллеру припаян пульт от уличных автоматизированных ворот, что в свою очередь даёт возможность отказаться от ношения ключей. Корпус для этих плат был спроектирован и напечатан на 3D принтере. Спустя некоторое время, реализовано управление голосом через голосового ассистента на смартфоне, благодаря чему в принципе не требуется физически взаимодействовать с устройством. По состоянию на сегодняшний день, микроконтроллер проработал суммарно более двух с половиной лет, показав отличные результаты производительности и надежности.

2) Подсветка телевизора на основе светодиодной ленты WS2812B с пиксельной адресацией, способной воспроизвести более 16,5 млн оттенков, каждым из своих светодиодов в отдельности. Проект совсем молодой и требует доработок, но уже несколько месяцев тестируется без выключения, показывая стабильную работу и отличный отклик на запросы со стороны управляющей программы. На данный момент у платы нет своего корпуса и продуманной проводки. В дальнейшем планируется реализация динамической подсветки, в зависимости от передаваемого на телевизор изображения, по аналогии с запатентованной компанией Philips технологией Ambilight.

3) Стоп-сигнал из матрицы 16x16 светодиодов WS2812B для собранного мной электровелосипеда. Корпус для сигнала был спроектирован и напечатан из красного, прозрачного пластика PET-G. Эффекты свечения программируались специально под конкретную задачу. В дальнейшем планируется расширение функционала путем контроля проводки бортовой сети велосипеда и мониторинга показателей заряда батареи. Также в планах реализация функции показания заряда аккумулятора, путём воспроизведения бегущей строки.



Рис. 2. NodeMCU

4) Переделка комнатной люстры на радиоуправлении, путём замены штатного блока управления на NodeMCU, с модулями твердотельного реле G3MB-202P. Планируется добавить график включения и отключения в зависимости от времени, интеллектуальный световой будильник, а также привязка к голосовому ассистенту по аналогии с домашней метеостанцией.

5) Квадрокоптер, собранный на спроектированной раме, в основе которой NodeMCU, драйверы двигателей 8520 на микросхеме MX1508 и 3-осевой гироскоп акселерометр GY-521. Практика показала, что мощности этого микроконтроллера хватает для полноценного контроля устойчивости летательного аппарата, путем алгоритма регулирования скорости четырех двигателей, в режиме реального времени. На данный момент квадрокоптер полностью отстроен и протестирован. В планах переход на больший масштаб летательного аппарата и добавление массы новых возможностей.



Рис. 3. NodeMCU

Заключение. Интернет вещей (IoT) является одной из самых популярных областей в мире технологий. Физические объекты и цифровой мир связаны сейчас как никогда. Помня об этом, можно сказать, что метод создания доступного во всех планах интернета вещей, имеет большую востребованность среди людей. Эта отрасль может дать весомый вклад в обустройство быта человека, уже сейчас интернет вещей меняет наш мир в лучшую сторону, упрощая жизнь каждого из нас. Поэтому так важно, чтобы эти технологии были доступны уже сегодня, давая безграничные возможности для реализации новых идей.

Список литературы

1. Интернет вещей»/ [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Интернет_вещей/ (дата обращения: 10.08.2020)
2. Программируем квадрокоптер на Arduino / 2014 / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/227425/> (дата обращения: 010.08.2020)
3. Начало работы с ESP8266 NodeMcu v3 Lua с WiFi»/ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/esp8266-nodemcu-v3-lua/> (дата обращения: 11.08.2020)
4. IOT Россия — Конференция «Интернет Вещей»/ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://iotconf.ru/ru/> (дата обращения: 05.09.2020)
5. internet of things (IoT)/ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT/> (дата обращения: 07.09.2020)
6. Blynk IoT platform: for businesses and developers»/ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://blynk.io/> (дата обращения: 09.09.2020)

УДК 004.514

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ WEB-ДИЗАЙНА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПОСЕЩАЕМОСТИ САЙТОВ

Мартыненко А.М., Наскидашвили К.А.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
naskidashvili.kirill@mail.ru

Введение. Дизайн в веб-индустрии становится не просто красивым обрамлением сайта, а и вынужденным инструментом манипуляции, в связи с приходом нового поколения пользователей Интернета и их особенностями восприятия информации. Согласно последним научным исследованиям для формирования первого впечатления о сайте требуется всего 50 миллисекунд (то есть 0,05 секунды).

Целью данного исследования является анализ современных тенденций web-дизайна, а также дальнейшего их применения для повышения посещаемости ресурса. Основная цель веб-дизайна заключается в том, чтобы с первых секунд привлечь человека на сайт для

дальнейшего его исследования. Привлечь внимание пользователя помогают стандарты и тенденции.

Стандарты являются якорем, пользователь не намерен думать о месте расположения элементов, дизайн сайта должен быть интуитивным и привычным. Компании, которые пренебрегают стандартами, имеют меньше шансов создать продукт, приводящий клиентов и тем самым получить большую прибыль. Тенденции дизайна в свою же очередь позволяют презентовать ресурс современным, свежим и приемлемым для целевой аудитории. Количество ресурсов в сети растет в геометрической прогрессии, поэтому необходимо следить за новыми векторами в отрасли дизайн для выделения среди общей массы ресурсов [2].

Основная часть. Для привлечения внимания посетителей на сайт в 2020 дизайнера используют следующие тенденции:

Темный режим – одна из преобладающих тенденций дизайна в 2020 году. Изначально такой дизайн разрабатывали для экономии энергии экранов, снижения нагрузки на глаза и лучшей видимости при динамичном дизайне, однако по ряду причин стал одним из самых популярных за последние несколько лет.

Такой дизайн выглядит современным, легко сочетается с другими тенденциями, а его цветовые решения приятны глазу. В 2020 году темный режим можно часто встретить в комбинации с ярким неоновым и дымным освещением, а также в стилистике киберпанка.

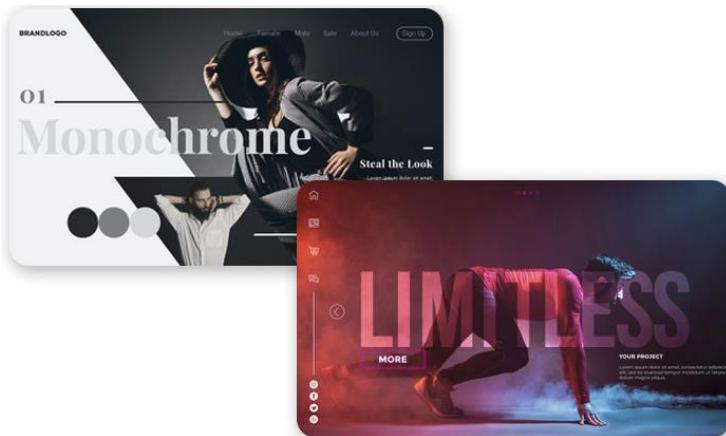


Рис. 1. Примеры использования темного режима

Яркие цветовые решения. Последние несколько лет, в дизайне, мы можем наблюдать удивительные сочетания цветов, которые используются для акцентирования и притягивания взгляда пользователя. Градиенты ярких цветов взошли на пик популярности. Этую технологию применяют во всех типах дизайне – web-дизайне, типографии, дизайне приложений. Дизайн сайтов и приложений становится все смелее, приобретая новые сочетания и краски, позволяя выделяться на фоне конкурентов [1].



Рис. 2. Примеры ярких цветовых решений в web-дизайне

Иммерсивные 3D-элементы. Использование 3D-графики ранее было трудоемким и дорогостоящим удовольствием, но в 2020 году технологии трехмерной графики стали доступны широкому кругу дизайнеров. В современном мире, где виртуальная реальность только начинает свое развитие, 3D-графика считается лучшим способом воссоздать эффект присутствия. Такая технология позволяет включить все органы чувств пользователя и сыграть с ним в интерактивную игру, завлекая его и приковывая взгляд.



Рис. 3. Использование 3D-графики в дизайне

Смешение фотографий с графикой. Графика, совмещенная с реальными фотографиями, придает индивидуальности сайту, такие комбинации позволяют выделить веб-сайт из десятка похожих. Использование графики и иллюстраций позволяют лучше передать концепции и атрибуты, отражающие сущность сайта. Простые геометрические фигуры, в комбинации с изображениями, формируют необходимое настроение пользователя и подсознательно влияют на его действия [3].

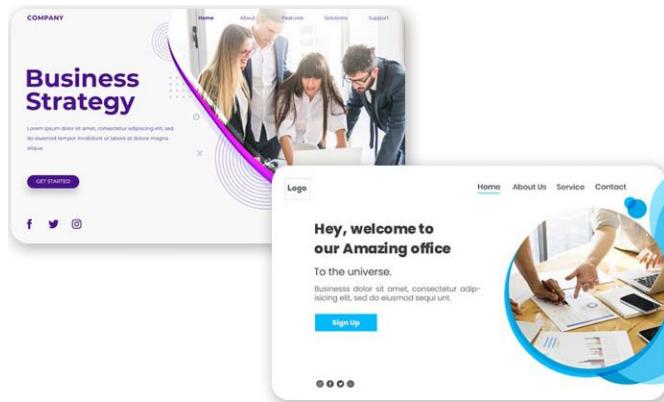


Рис. 4. Смешение фотографий с графикой

Заключение. Крайне важно следить за тенденциями веб-дизайна из-за их постоянной изменчивости, чтобы не допустить траты времени и денежных средств на устаревший и не привлекательный дизайн продукта.

Список литературы

1. Тренды веб-дизайна и основные правила: 12 направлений 2020 года. <https://emailmatrix.ru/blog/web-design-trends-2020/>
2. Тенденции Веб-Дизайна 2020: Высокие технологии и умопомрачительная визуализация. <https://iniksite.ru/articles/web-design-trends-2020/>
3. ТОП 12 лучших трендов веб-дизайна в 2020 году. <https://asdisweb.ru/trendy-veb-dizajna-2020/>

УДК 004.92

ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО ДИЗАЙНА В КОНТЕКСТЕ ВИЗУАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ В СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Мартыненко А.М., Побережник Е.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
ekaterina.poberezhnyk@gmail.com

Введение. В современном обществе с каждым годом технологии развиваются всё быстрее, и это затрагивает все аспекты и нюансы жизни каждого человека. Очевидным аспектом этой темы является развитие графического дизайна в контексте визуальной культуры.

Основная часть. Целью исследования является выявление современных направлений и технологий в графическом дизайне.

Графический дизайн является самым универсальным видом искусства. Графика присутствует буквально везде – на улице, в книгах, в журналах, а иногда даже на нашем собственном теле.

Уильям Эддисон Двиггинс считается родоначальником термина «графический дизайн». Сам он успешный дизайнер, создававший рекламные продукты в виде плакатов, брошюр и рекламных объявлений. Его идеи о дизайне основаны на достижении предсказуемых результатов, и именно он рассматривал дизайн как процесс подготовки произведения искусства к печати. Большинство современных дизайнерских продуктов создаются не только при помощи простой печати на бумаге, но и в результате применения других методов и материалов для создания нужного нам продукта.

Одной из характеристик графического дизайна является деятельность, востребованная самой жизнью и отвечающая современным потребностям человека. Существует идея о том, что визуальный дизайн как искусство графики начиная со второй половины XX в. замещается коммуникационным дизайном, целью которого является обеспечение эффективных коммуникаций, а не создание выразительных графических форм [1].

Современный дизайн условно можно разделить на две основные группы: прикладной дизайн и графический. Например, в рамках прикладного дизайна выделяют такие виды, как: ландшафтный, интерьерный, дизайн одежды и прочие другие. А вот в графическом дизайне существует огромное разнообразие видов, но основными из них являются: веб-дизайн, полиграфический дизайн, а так же дизайн шрифтов.

Зачастую, дизайн служит для помощи в продаже продукта, или создания идеи для его продвижения. Он применяется к элементам фирменного стиля, например, таким как логотипы, цвета, упаковка и текст. Главная цель дизайна — это донесение определённой мысли об объекте дизайна.

Многие люди в наше время не видят отличия между дизайнером и иллюстратором, путая эти понятия. Дизайнеры создают композиции из готовых элементов, либо придумывают новые формы, стили или же макеты. Считается, что дизайнер в принципе, может заниматься всем, что его метод мышления — это поиск оригинальных и остроумных решений. Чаще всего, при разработке веб-ресурса дизайнер использует в своей работе уже готовые решения — шаблоны. Они позволяют ускорить процесс проектирования, тем самым экономя дизайнеру время.

Эти шаблоны разрабатывают такие же дизайнеры, до мелких частиц прорабатывая максимальную гибкость проекта. Шаблоны имеют общую структуру, детали которой вы можете изменять, чтобы приспособить шаблон к набору требований для нужного вам проекта. Иллюстраторы же создают оригинальные произведения искусства.

Почти каждый проект графического дизайна использует уникальные иллюстрации, созданные иллюстраторами или же художниками. Совмещение этих двух сфер особенно полезно для коммерческих

проектов, которые пытаются выделиться среди своих конкурентов. Но в отличие от иллюстратора, графический дизайнер использует комбинацию медиа файлов и техник для их создания, и, чаще всего, именно графический дизайнер дает задания иллюстратору, чтобы получить подходящий элемент для своей композиции. Но любой компании будет гораздо удобнее, если дизайнер будет иметь фундаментальные навыки изобразительного искусства и анимации, тем самым, сочетая в себе две этих сферы.

Выводы. Графический дизайн продолжает оставаться самостоятельной отраслью гуманитарных исследований, существую в пространстве взаимодействия искусствоведения, социально гуманитарного, естественнонаучного и технического знания, что указывает на необходимость использования междисциплинарного подхода.

Список литературы

1. Овчинникова Р.Ю. Графический дизайн в контексте визуальной культуры и новых технологий // Манускрипт. – 2019. – Т. 12. – В. 5. – С. 188-192.
2. Квентин Ньюарк Что такое графический дизайн? М.: Астрель, 2005.
3. Воронов Н.В. Суть дизайна. – М., 2002. – С. 16.
4. Лаврентьев А.Н. История дизайна. – М.: Гайдарики, 2006. – С. 14.
5. Овчинникова Р.Ю. Графический дизайн: от искусства – к науке / Р.Ю. Овчинникова // Визуальная культура: дизайн, реклама, информационные технологии сб. тр. XV Междунар. науч.-практ. конф., Омск, 22-24 апр. 2016 г. / ОмГТУ [и др.] ; ред. совет: А. Н. Гуменюк [и др.]; гл. ред. Л. М. Дмитриева. – Омск, 2016. – С. 43–45.

УДК 004.053, 004.054

МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ЗНАНИЙ В КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГРАХ

***Мосейкин Е.С., Нестругина Е.С.**, канд. техн. наук, доц.
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
Kapralfreeman@gmail.com*

Введение. В настоящее время на мировом рынке медиапотребления стремительно развиваются всяческие увлекательные интернет-технологии и компьютерные игры. Разработка компьютерных игр перешла из академической области в коммерческую сферу. Число игроков в компьютерные игры с каждым годом растет, а продажи видеоигр перекрывают суммарные сборы предстоящего блокбастера в кинотеатрах. За последние 20-30 лет игры кардинально изменились. Со смехотворных игровых автоматов в магазинах они превратились в сложные компьютерные системы, вычислительной мощности которых очень часто не хватает для системных требований игры. Область интерактивных

развлечений становится самой быстро развивающейся областью информационных технологий в мире, благодаря росту технологических возможностей и интереса к игровой индустрии [1, 2].

Сегодня игровая индустрия является прибыльной и перспективной для дальнейшего развития. Стратегические игры – это область компьютерных игр, в которой применение методов искусственного интеллекта является наиболее актуальным на сегодняшний день.

Цель работы – изучение способов представления и обработки знаний в компьютерной игре, разработка алгоритма, по которому виртуальный игрок мог бы играть в эту игру.

Актуальность. Поведение игроков в компьютерных играх чаще всего приобретает хаотический характер. Поэтому важным компонентом для разработчика является возможность предугадать действия пользователя и использовать эти знания для улучшения качества и проработки продукта. Поэтому программы для сбора информации и построения модели поведения будут всегда актуальны на рынке [1, 2].

Основная часть. После коммерциализации игровой индустрии в основном использовался математический аппарат и базовые принципы, существовавшие в академической области, и практически прекратилась разработка новых алгоритмов. На рынке игрового программного обеспечения сложилась такая ситуация, что рынок насыщен играми с реалистичной графикой, моделируемой с качеством, приближающимся к сложности сцен из реальной жизни. Однако, поведение управляемых компьютером персонажей по сложности сопоставимо с разработками 60-х годов. С увеличением скорости работы вычислительной техники стало возможным моделирование более сложного поведения компьютерных оппонентов в играх. Стало возможным, например, использование более глубокого перебора в пространстве возможных решений, как это случилось с шахматными играми. Тем не менее, в данный момент этот путь развития практически исчерпал себя. На рынке компьютерных игр наблюдается уменьшение продаж. Потребители отказываются покупать игры с примитивным, предсказуемым поведением компьютерных конкурентов [3, 4]. Разработчики компьютерных игр нуждаются в разработке новых алгоритмов, методов использования искусственного интеллекта, что стимулирует научные исследования и обеспечивает их финансирование.

До недавнего времени главной целью создателей игр было достижение реалистичной и подробно детализированной 3D-графики. Вследствие стремительного развития программного и аппаратного обеспечения стал актуальным вопрос о наделении игр более реалистичным интеллектом. Разработчики компьютерных игр нуждаются в разработке новых алгоритмов, методов использования искусственного интеллекта, что является стимулом для научных исследований и обеспечения их финансирования [3, 4].

Каждый человек имеет свое субъективное понятие интеллекта и наделяет это слово своим смыслом, поэтому трудно дать исчерпывающее определение интеллекту. В словаре Вебстера [5] дано следующее понятие интеллектуального поведения:

1) Способность успешно реагировать на любую, особенно новую, ситуацию путем надлежащих корректировок поведения.

2) Способность понимать взаимосвязи между фактами действительности для выработки действий, ведущих к достижению поставленной цели.

По утверждению Сорена Джонсона, разработка искусственного интеллекта в академической среде и в игровой индустрии существенно отличается. Создание искусственного интеллекта в игре можно представить как большой цикл: создать небольшой фрагмент искусственного интеллекта, проверить его в работе, улучшить, опять посмотреть в работе и снова все начать сначала. В академическом же сообществе ученых нет никаких естественных причин для изнурительных повторяющихся процессов. Здесь главная задача состоит в том, чтобы создаваемый искусственный интеллект был максимально приближен к изучаемой исследователями модели. Еще одним связанным с этим преимуществом является отсутствие необходимости ученым доводить разработку до совершенства, потому что она не является составной частью коммерческого продукта [3].

В игровой индустрии доминирует прагматичный подход, следовательно, разработчики настроены не столько на революционные новации, сколько на усовершенствование уже хорошо известных технологий.

Заключение. После проведённого исследования представляется логичным сделать ряд выводов.

Во-первых, очевидно, развитие компьютерных игр является важным толчком в развитии искусственного интеллекта.

С течением времени в результате множества экспериментов и исследований в области искусственного интеллекта, была проведена колossalная работа. От простейших алгоритмов поведения, медленных и всегда следующих определенной логике, искусственный интеллект основанный на нейросети, может собирать знания об играх, и использовать собственные выводы для создания схемы поведения, для усложнения или наоборот упрощения геймплея (если игроку, например, слишком сложно). Таким образом, игра сама подстраивается под игрока, позволяет легче погружаться в неё и дольше задерживать в себе игрока.

Список литературы

1. Менжулин С. А. Исследование и разработка методов представления и обработки знаний в сетевых играх. [Электронный ресурс] <http://www.knigi.konflib.ru/8iskusstvovedenie/97345-1-menzhulin-sergey> (дата обращения: 10.08.2020).

2. Буковшин В. А. Интеллектуальные системы в компьютерных играх. Перспективы развития искусственного интеллекта в игровой индустрии // С. Г. Воскобойников. – Современные материалы, техника и технологии. – 2017. – №3(11) – С. 21- 25.
3. Применение искусственного интеллекта в играх [Электронный ресурс] URL: <https://www.skachatreferat.ru/referaty/> (дата обращения: 10.08.2020).
4. Алимов А.А. Искусственный интеллект в компьютерных играх. – Робототехника и искусственный интеллект. – 2011. – N 10. – С.91-94.
5. Webster's New Collegiate Dictionary, Merriam Co., Springfield, Mass., 1956. – 1239.

УДК 004.93'1

РАСПОЗНАВАНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ ЭМОЦИЙ В ВИДЕОФАЙЛАХ НА ОСНОВЕ КАПСУЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Негода А.Г., Шарий Т.В., канд. техн. наук,
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
negoda.anya@gmail.com

Введение. Эмоция представляет собой психический процесс, проявляющийся в мимике, речи и жестах человека. Автоматическое распознавание эмоций уже много лет является актуальным направлением исследований во многих научных и технических областях, основными из которых являются искусственный интеллект, когнитивная психология и нейробиология [1]. **Целью работы** является исследование проблем, связанных с анализом эмоционального состояния человека по видеоданным, и разработка модели распознавания эмоций.

Анализ состояния вопроса. В задачах анализа изображений и видео (распознавание, сегментация и т.д.) на сегодняшний день наиболее часто применяются сверточные нейронные сети и их вариации. Одним из свойств этих моделей глубокого обучения является инвариантность к сдвигу, обусловленная тем, что слой субдискретизации (пулинга) выполняет выборку данных, которая игнорирует относительное положение объектов на изображении. Данное свойство не является адекватным ни в контексте анализа видеокадра с изображением лица человека, ни в контексте анализа спектrogramмы речи. Очевидно, что в видеокадре необходимо учитывать положение отдельных частей лица, а в спектrogramме крайне важным является относительное размещение участков с большей и меньшей амплитудой. Указанного недостатка лишены капсульные сети [2], в которых слой max-пулинга заменен слоем капсул с векторными операциями. Капсулы иерархичны, и в капсулах более высокого уровня (например, «лицо») отражается информация о пространственных свойствах низкоуровневых капсул («нос», «рот» и т.д.). Эта информация представлена в виде матрицы весов, которые рассчитываются по алгоритму динамической маршрутизации [2]. Это

также позволяет капсулльным сетям быть гораздо менее чувствительными к повороту лица и изменениям ракурса изображения.

Общая модель распознавания эмоций в видеофайлах. Схема автоматического распознавания эмоций в видеофайлах, предлагаемая в работе, включает процедуру извлечения из файла как звукового сигнала, так и последовательности видеокадров, после чего обработка извлеченных сигналов производится одновременно, как показано на рисунке 1. В обоих случаях применяются отдельно обученные капсулльные сети.

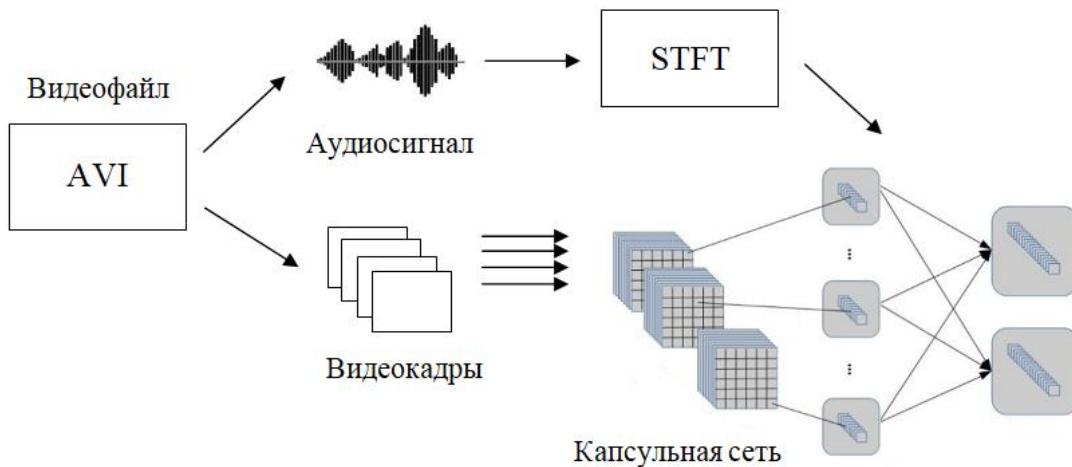


Рис. 1. Общая схема распознавания эмоций в видеофайлах

Обработка звука производится по общепринятой схеме: 1) применение высокочастотного фильтра предыскажений; 2) оконная декомпозиция сигнала на фреймы длительностью 25 мс с половинным перекрытием; 3) кратковременное преобразование Фурье (STFT) и получение спектрограммы, которая подается на вход первой капсулльной сети. Обработка каждого видеокадра включает преобразование изображения в оттенки серого с последующим выделением области лица на основе алгоритма Виолы-Джонса (выбранного по соображениям производительности). Выделенные изображения лиц приводятся к общему размеру 256x256 пикселей и подаются на вход второй капсулльной сети. Нейроны в выходном слое обеих сетей соответствуют эмоциям «Радость», «Грусть», «Смех», «Страх», «Сердитость». Обработка цифровых сигналов и программирование капсулльных сетей выполняется на языке Python с помощью библиотек keras, librosa и OpenCV.

Выводы. Предложенная модель распознавания эмоций в видеоданных на основе капсулльных сетей позволяет повысить качество распознавания, за счет большего сходства механизма обработки изображений с аналогичным механизмом у человека. На текущем этапе работы продолжается сбор и подготовка данных для обучения и валидации сетей.

Список литературы

1. Tao J. Affective Computing: A Review / J.Tao, T.Tan // Affective Computing and Intelligent Interaction, First International Conference, ACII 2005, Beijing, China. – 2005. – P. 981-995.
2. Hinton G. Matrix Capsules With EM Routing / G.Hinton, S. Sabour, N. Frosst // ICLR 2018 Conference. – 2018. – P.1-12.

УДК 004.4

МИКРОСЕРВИСЫ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОЙ ПОДАЧИ ДОКУМЕНТОВ В ВУЗ

Пугач А.А., Бондаренко В.И., канд. техн. наук, **Бондаренко В.В.**

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

bondarenko@donnu.ru

Введение. В процессе приемной кампании 2020г. в ГОУ ВПО «ДонНУ» была разработана и внедрена платформа для удаленной подачи документов [1]. Для данной платформы критическими факторами являются масштабируемость и высокая нагрузка. Традиционная монолитная архитектура плохо подходит для реализации масштабируемых и высоко нагруженных систем.

Основная часть. Для решения проблемы принято решение вынести некоторые модули в отдельные части (микросервисы), которые берут на себя решение части поставленных задач и часть нагрузки на других серверах с возможностью незаметного для клиентов включения и отключения.

Были разработаны два микросервиса:

1. Работающий через gRPC[2] протокол, который отвечает за рассылку писем и занесение данных в хеш-базу данных Redis[3].

gRPC (generated Remote Procedure Call) является высоко производительным RPC протоколом. Алгоритм реализации протокола следующий: создается файл с конфигурацией структур данных и RPC методами (proto buffers) [4]; запускается генератор protoc и выбирается спецификация языка; указывается путь к proto buffers файлу. На выходе получается один или несколько файлов в зависимости от языка программирования, где будут находиться сгенерированные интерфейсы, структуры/классы и их методы, далее нужно реализовать сгенерированный интерфейс с методами.

Главный плюс этого протокола в том, что он быстро приводит к единому типу без рефлексий и передает данные по байт-маске, работает исключительно через TCP/IP, HTTPS. Минусом является то, что нужно следить за конфигурациями во всех проектах.

Структура Proto Buffers файла показана на рис. 1.

```
1 syntax = "proto3";
2 package api;
3 option go_package = ".;ShippingService";
4 service ShippingService {
5     rpc SendToken(SendTokenData) returns (Answer){}
6     rpc SendDocuments(SendDocumentsData) returns (Answer){}
7     rpc SendQuestion(SendQuestionData) returns (Answer){}
8 }
9 message Answer {}
10 message SendTokenData {
11     int64 Id = 1;
12     string Email = 2;
13     string RedisPrefix = 3;
14 }
15 message SendDocumentsData {
16     int64 Id = 1;
17     string FIO = 2;
18     string Text = 3;
19 }
20 message SendQuestionData {
21     int64 IdUser = 1;
22     int64 IdChat = 2;
23     string FIO = 3;
24     string Text = 4;
25 }
```

Рис. 1. Структура Proto Buffers файла

2. Работающий через JSONRPC[5] протокол, который отвечает за рассылку СМС через телефонный шлюз мобильного оператора (Phoenix). JSONRPC (JavaScript Object Notation Remote Procedure Call) считается более удобным, чем протокол gRPC по причине того, что не нужно создавать отдельные файлы и поддерживать новую конфигурацию в каждом проекте. Но за это приходится расплачиваться скоростью работы, потому что приходится прибегать к использованию рефлексии для сериализации данных, а также тело запроса получается более тяжелым, чем gRPC.

Пример структуры JSONRPC запроса приведен на рис. 2.

```
{  
    "jsonrpc": "2.0",  
    "id": 1,  
    "method": "Controller.SendMessages",  
    "params": [{"message": "", "phonesList": ["071xxxxxxxx"]}]}
```

Рис. 2. Структуры JSONRPC запроса

Оба эти протокола имеют общий недостаток, а именно, при использовании более одного сервера эти две архитектуры сильно зависят от стабильности интернет-соединения.

Для реализации микросервисов был выбран язык программирования Golang, так как он имеет встроенную многопоточность и каналы для взаимодействия между потоками, а также является кроссплатформенным, что позволяет разрабатывать проект в одной операционной системе, а запускать в любой другой.

Схема взаимодействия микросервисной архитектуры в рамках реализованного проекта приведена на рис. 3.

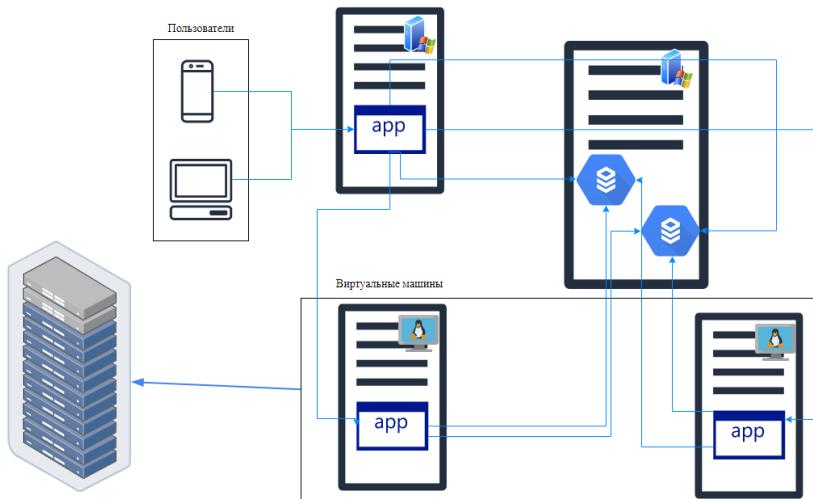


Рис.3. Схема взаимодействия микросервисной архитектуры

Для создания микросервисной архитектуры в рамках проекта были использованы два физических компьютера и две виртуальные машины. Взаимосвязь была построена по tcp/ip с gRPC сервисом, который работал с электронной почтой, а для JSONRPC был выбран протокол http. Оба микросервиса имели ограниченный доступ только внутри локальной сети университета, что обеспечило дополнительную безопасность системы.

Заключение. В ходе использования микросервисов в реализации проекта дистанционной подачи документов построена гибкая экосистема по типу модулей, в которой можно свободно отключать некоторые модули без существенного влияния на весь проект, а также легко добавлять новые. Это позволило добиться высокой гибкости масштабирования и отказоустойчивости системы, послужило доказательством предпочтительности микросервисной архитектуры перед монолитной, что позволяет рекомендовать этот тип архитектуры для больших проектов с большим количеством пользователей.

Список литературы

1. Электронный ресурс подачи документов ДонНУ. – URL: <https://postupi.donnu.ru/>.
2. Что такое gRPC? – Официальный сайт gRPC [Электронный ресурс]. URL: <https://grpc.io/faq/#what-does-grpc-stand-for> (дата обращения: 02.10.2020).
3. Что такое Redis. – Официальный сайт Redis [Электронный ресурс]. URL: <https://redis.io/>.

4. Что такое Proto Buffers – OpenNet [Электронный ресурс]. URL: <http://www.opennet.ru/opennews/art.shtml?num=16867>.
5. Что такое JSONRPC. – Официальный сайт спецификации JSONRPC [Электронный ресурс]. URL: <https://www.jsonrpc.org/specification>.

УДК 004

ПРОДВИЖЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ В СИСТЕМЕ ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГА

Романова В.В., канд. техн. наук, **Ивина О.А.**, канд. техн. наук
ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет
им. Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово, РФ
romvvaer@mail.ru

В ходе исследования были изучены и систематизированы инструменты интернет-маркетинга, которые можно рекомендовать для продвижения образовательных услуг, что значительно повысит возможность маркетинга в усилении взаимосвязи образовательной организаций с потребителями.

Инструменты интернет-маркетинга для продвижения образовательных услуг, на сегодняшний день существуют следующие инструменты:

- медийная реклама;
- контекстная реклама;
- поисковый маркетинг в целом и SEO в частности;
- продвижение в социальных сетях: SMO и SMM;
- Применение программ Интернет-ботов.;
- вирусный маркетинг;
- Push -уведомления;
- email-маркетинг

В ходе исследования выявлены преимущества использования интернет-маркетинга для продвижения образовательных услуг:

- доступность и удобство для потребителей
- возможность в любое время суток получить необходимые сведения;
- возможность продвижения информации и образовательных программах в социальных сетях по принципу «сарафанного радио»;

Активное применение инструментов интернет-маркетинга для продвижения образовательных услуг будет способствовать повышению к нему внимания со стороны существующей и потенциальной контактной аудитории, росту конкурентоспособности, повышению кадрового обеспечения.

Далее рассмотрим более подробно инструмент интернет-маркетинга для продвижения образовательных услуг: Push-уведомления.

Push-уведомления. Проще говоря – это краткие уведомления-напоминания, появляющиеся на главном экране или, по-другому, экране блокировки. Цель таких оповещений, уведомить человека о каких-либо действиях или рассказать о предложениях компаний, которыми он интересовался.

Многие маркетологи, с появлением такого нововведения, предложили использовать push в качестве рекламы.

Во-первых, эти оповещения приходят сразу на главный экран, поэтому пользователь увидит их, даже если захочет посмотреть время. Во-вторых, текст push-а занимает 2-3 строчки, поэтому прочитать его можно за пару секунд, не выделяя на это много времени. И самое важное – это гиперссылка. То есть, нажав 2 раза на уведомление можно оказаться на релевантной ему странице, что существенно сократит время поиска сайта и позволит пользователю принять решение быстрее.

Чтобы пользователь получал такие уведомления, у него должно быть либо приложения компании, либо подписка на оповещения от неё.

Существует три вида push-уведомлений:

Мобильные – это уведомления из приложений, которые установлены на вашем смартфоне (рассмотрим подробнее в отдельной части).

Браузерные (или web-push) – уведомления, которые приходят на компьютер пользователю, подписанному на какой-нибудь сайт.

Уведомления, получаемые на ПК от приложений, установленных на нем. В отличие от смс-можно как разрешить, так и запретить, что для пользователя является ещё одним преимуществом. Их нельзя отследить и подать жалобу в администрацию компании, которая разрешила подобную рассылку. Именно поэтому, большинство рекламодателей используют push-уведомления, как способ привлечения аудитории. Делают рассылку для целевых пользователей.

Push-рассылка будет полезна и для онлайн-мероприятий. Клиенты, будут регистрироваться на вебинары, лекции, тренинги, семинары и конференции. Таким образом, занимаясь интернет-маркетингом, продвижением, рекламой необходимо представлять всю масштабность таких инструментов, как push-уведомления. Помнить о его возможностях и не пренебрегать им, а наоборот, искать вариации для их внедрения.

Список литературы

1. Коноплева И.А. Информационные технологии / И.А. Коноплева, А.В. Денисов, О.А. Хохлова. – Москва: Изд-во Проспект, 2017. – 328 с.
2. Губина О.Н. Современные низкозатратные интернет-технологии продвижения образовательных услуг вузов // Сервис +. 2015. №1. – с. 42-47.
3. Прохорова А.М. Анализ поведения пользователей с помощью методов интернет-маркетинга, как способ продвижения образовательных услуг // Наука, техника и образование. 2015. №1 (7). – С. 36-38.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО. КАКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗМЕНЯТ НАШУ ЖИЗНЬ

Романова В.В., канд. техн. наук, *Ивина О.А.*, канд. техн. наук,
Кроль В.И.

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет
им. Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово, РФ

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, РФ
romvvaer@mail.ru

Совсем недавно мы даже не имели представления о таких технологиях как, телефон, компьютер, интернет. В 1876 году Александр Грехем Белл создал первый телефон, а в 1943 году фирма IBM произвела первый компьютер, и только в 1982 году появился интернет в современном виде. Уже на тот момент данные изобретения стали спутниками связи, хотя были доступны не каждому [1].

На сегодняшний день информационные технологии в корне изменили повседневную жизнь людей, стали всем доступны, и теперь мы представить себе не можем жизнь без гаджетов и прочих технологий. Информационные технологии играют важную роль в обеспечении взаимодействия между людьми, активизируют эффективность информационных ресурсов, а также, являются главными, в процессе интеллектуализации и развития современного общества.

Информационные технологии не стоят на месте и стремительно продвигаются вперед. Вещи, которые поражали нас 20-30 лет назад, кажутся банальными по сегодняшним меркам. Таким образом, людям через 20 лет будут казаться разумеющиеся вещи те, которые сейчас для нас кажутся волшебными. Поэтому, в данной работе, хотелось бы поговорить о технологиях будущего [2].

На данный момент мы уже знакомы с различными гаджетами, компьютерами и другими устройствами. На наших глазах происходит усовершенствование информационных технологий. Множество следующих технологий уже существует в какой-либо форме, просто они ждут нужного ученого, чтобы получить свое развитие.

Скоро мы забудем, что такое проводная технология. Зарядные устройства, наушники, персональные компьютеры вовсе станут беспроводными.

Что касается новой технологии батареи, то многообещающее будущее батареи фактически гарантирует, что мы не сможем оказаться в ситуации, когда у нас села батарея.

Если же говорить о компьютерах, то они смогут достигнуть мощности человеческого мозга. В будущем нас смогут окружать такие гаджеты, которые будут вживлять в человеческое тело.

Интернет само собой будет нечто большее, чем сейчас. Компания Google уже работает над дронами на солнечных панелях, которые позволяют раздавать сверхскоростной интернет.

Совсем скоро уйдут в прошлое машины, которые не имеют компьютерного помощника, но это только малое из того, что может случиться. В нашем мире уже начали внедрять беспилотные автомобили. Если представить, что полностью беспилотные автомобили будут окружать нас, то с одной стороны они значительно снизят количество аварий и смертей, а с другой стороны никто не сможет дать 100% гарантии, что такие автомобили смогут просчитать любую ситуацию, происходящую на дороге [3].

Также, уже сейчас, мы имеем электромобили, но они еще не достигли своей распространенности. Вероятно, что в будущем они будут востребованы и тогда мы, забудем, что такое топливо.

Роботы, которые сейчас для нас в диковинку, станут повседневными в пользовании людей, как обычный смартфон или микроволновая печь. Только представьте, что не нужно ходить на работу, убираться, готовить еду и заниматься другими домашними делами, а за вас это будут делать роботы, это же просто мечта.

Генетически модифицированные продукты (ГМО) стали актуальной проблемой в последние годы. Нам стоит только услышать выражение «генная модификация» и наш мозг сразу обрабатывает эту информацию, как опасность, мутация. Но ведь генная модификация уже избавила такие зерновые культуры, как пшеница и кукуруза, от вредителей, болезней, тем самым давая накормить миллионы людей в мире. Поэтому, продукты, содержащие ГМО, будут играть огромную роль в жизни людей, ведь они уже имеют широкое распространение.

Информационные технологии имеют большое значение в медицине. Благодаря ним, медицина стала развиваться стремительно. Что же будет в будущем? Развитие нанотехнологий обещают нам такой мир, о котором мы не могли даже представить. Прорыв в медицине может достичь огромного успеха. Создание новых органов и тканей на 3D – принтерах, наномашины смогут чистить клетки, защищать от болезней. При помощи нанотехники будет доступно детально просканировать и изучить мозг человека. Если такой прорыв случится, то можно будет избавить многих людей от неизлечимых болезней.

Информационные технологии вбирают в себя достижения электроники, математики и других предметов. Образующийся в результате гибрид, постоянно дает революционный скачок в истории информационных технологий на протяжении всего развития.

Подводя итоги нужно сказать, что информационные технологии будущего могут быть как полезные, так и губительные. Например, если роботы заменят людей на производстве и в быту, то для чего тогда нужен

будет человек? Исходя из всего выше перечисленного, можно сделать вывод, что информационные технологии не стоят на месте, они развиваются как живой организм. Наша жизнь может в корне измениться через несколько десятилетий и привычные сейчас технологии уйдут в прошлое.

Список литературы

1. Коноплева И.А. Информационные технологии / И.А. Коноплева, А.В. Денисов, О.А. Хохлова. – Москва: Изд-во Проспект, 2017. – 328 с.
2. Макарский, Д.Д. История компьютерной эры / Д.Д. Макарский, А.В. Никоноров. – Москва: Изд-во Эксмо, 2017. – 256 с..
3. 20 технологий будущего, которые изменят мир в ближайшие 30 лет: LiveJournal [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.livejournal.com/media/609781.html> (дата обращения: 01.10.2020).

УДК 004.031.43

МОБИЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ УДАЛЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ

Рюмшина О.С., Толстых В.К., д-р физ.-мат. наук, проф.
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
osryumshina@gmail.com

Введение. Рассматриваются мобильные технологии визуализации и контроля состояния удалённых промышленных объектов и процессов. Обсуждается передача необходимых данных отделов АСУ предприятий в Интернет на промежуточный (вспомогательный) веб-сервер, где формируется специальная база данных и имитационная модель динамических процессов в режиме реального времени. Данные с веб-сервера передаются на авторизированные мобильные устройства по их запросу. В качестве особых данных выступает прогнозная информация, полученная на основе имитационной модели функционирования объекта. Последнее позволяет контролировать негативные тенденции процессов.

Цели. Расширение возможностей контроля промышленных процессов, путем реализации удаленного доступа к мониторингу и визуализации данных. Повышение надежности работы оборудования. Быстрая диагностика состояний объектов и процессов. Компьютерный анализ данных полученных с оборудования. Построение категоризованных графиков данных. Возможность анализа важнейших показателей для принятия решений.

Задачи. Получение данных с веб-сервера. Вывод обработанной и структурированной информации. Имитационное моделирование динамических процессов и объектов. Визуализация скрытых промышленных

процессов. Формирование оперативных, сжатых аналитических и статистических отчетов. Прогнозирование негативных тенденций процессов. Поддержка в принятии управленческих решений. Обеспечение взаимодействия персонала в режиме реального времени.

Основная часть. Система удаленного мобильного контроля включает в себя семь основных модулей, обеспечивающих работу всего приложения.

Первый модуль – сетевой. Данный модуль реализует взаимосвязь мобильного приложения и баз данных, расположенных на вспомогательном веб-сервере в Интернете. Взаимодействие осуществляется посредством технологии REST API, обеспечивая уменьшение сетевой нагрузки и увеличивая степень защиты данных. Передача информации приложению происходит исключительно по запросу авторизованного устройства, предоставляя актуальные сведения, снижая затраты ресурсов мобильного устройства и серверную нагрузку.

Вторым модулем является валидация. Использование проверки данных уменьшает угрозу некорректного поведения и поломки приложения. Данный модуль реализует контроль полученных данных на соответствие JSON схемам. В случае ошибки, сервер отклоняет полученный пакет и формирует сообщение об ошибке.

Третий модуль – имитационный. Основываясь на динамическом и дискретно-событийном подходе, реализуется программное моделирование промышленных процессов и объектов. Передаваемые данные обновляются в режиме реального времени соответствующим протекающим процессам. Полученные модели хранятся в базе данных, являясь основой прогнозной информации.

Четвертым модулем является прогнозирование. Прогнозирование осуществляется путем применения модели временных рядов формализованного метода к данным имитационной модели.

Пятый – модуль контроля. Анализирует сведения прогнозной модели, и реализует контроль негативных тенденций. Обеспечивает передачу предупреждающего сообщения на авторизованное устройство, при наличии условий опасного развития событий.

Шестым является визуализация. Данный модуль реализует графическое отображение данных динамических процессов, включая возможную анимацию и демонстрацию скрытых процессов. Категоризация и структуризация объектов визуализации предоставляет доступ авторизированного устройства к конкретно запрошенному набору данных. Динамичное изменение представлений процессов, основано на показателях процессов и объектов предприятия в текущее время. Особыми данными являются результаты имитационных и прогнозных моделей.

Седьмой модуль – диспетчеризация, является важнейшим компонентом мобильного приложения. Основная цель – обеспечение взаимодействия между компонентами мобильного приложения.

Заключение. Основываясь на мобильных технологиях визуализации и контроля состояния промышленных процессов, определены и изучены методы передачи данных отделов АСУ на удаленное устройство. Выделены основные цели и задачи, требуемые к реализации в процессе разработки проекта. Определены модульные компоненты мобильного приложения и методы их реализации.

УДК 004.942

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА АКТУАЛЬНОСТИ БИЗНЕСА В ДНР

Сторчак О.Ю., Нестругина Е.С., канд. техн. наук, доц.,
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
storshak@yandex.ru

Введение. Проблема построения рекомендательных систем на данный момент актуальна для многих областей. В перечень задач рекомендательных систем входит проинформировать пользователя о товарах в интернет-магазинах, которые ему могут быть необходимы, ранжирование результатов выдачи в поисковых системах, поиск подходящего контента в музыкальных, видео сервисах и СМИ. В целом рекомендательные системы в Интернете применяются с целью персонализации контента его автоматической подстройки под текущие нужды конкретного пользователя. Исследования в данной области активно ведутся в наше время, что главным образом обуславливается и наличием нерешённых проблем в существующих методах. Рекомендательные алгоритмы в процессе своей работы постоянно дообучаются, адаптируются и трансформируются, со временем все лучше понимая пользователя. Одним из путей повышения точности рекомендательной системы является расширение перечня используемой при формировании рекомендации информации, в частности использование контекста [1].

Целью данной работы является разработка рекомендательной системы для выбора актуальности бизнеса в ДНР с использованием интеллектуального анализа данных и запросов пользователей.

Актуальность. На данный момент существует довольно большой объем информации об актуальности бизнеса, который требует автоматической обработки и который можно использовать для рекомендательной системы. Учитывая необходимость тщательной разработки методик для быстрой обработки большого количества информации и важность учета различных данных, относящихся к конкретному пользователю, разработка модели, учитывающей специфические особенности развития бизнеса в ДНР, является актуальной.

Основная часть. Рекомендательная система – это программный комплекс, который определяет интересы и предпочтения пользователя и формирует предложения контента в соответствии с ними. Вместо предоставления статической информации, система меняется, подстраивается под пользователя, увеличивая степень интерактивности для расширения предоставляемых пользователю возможностей [1].

Традиционная рекомендательная система имеет дело с двумя видами сущностей: пользователь и объект. Пользователь – это получатель рекомендации и источник данных о предпочтениях, а объект зависит от предметной области, то есть того, что предлагается пользователю в качестве рекомендации. Задачу рекомендательной системы можно сформулировать как определение объекта, неизвестного пользователю, но полезного или интересного ему в текущем контексте [2].

Алгоритм рекомендации идет по следующим направлениям:

1. Количество рекомендуемого контента. Его должно быть много, чтобы было из чего рекомендовать.

2. Информация, которая известна о контенте. Чем больше о нем известно, тем лучше. Например, начиная с автора книги или статьи и заканчивая тем, сколько в ней символов, фотографий, какого они цвета, какую эмоцию вызывает статья.

3. Информация о юзерах. Чем больше известно о юзере (пол, возраст, интересы, география), тем точнее можно рекомендовать ему контент.

4. Интерфейсные решения, которые помогают соединить контент с юзером и понять реакцию юзера на предложенную рекомендацию [3, 4].

Существует 4 типа рекомендательных систем:

1. Коллаборативная фильтрация (Collaborative Filtering) – вырабатывает рекомендации, основанные на модели предшествующего поведения пользователя или с учетом поведения других пользователей со сходными характеристиками. Плюсы: теоретически высокая точность. Минусы: высокий порог входа: не зная ничего об интересах пользователя, рекомендации практически бесполезны.

2. Основанные на контенте (content-based) – рекомендации, основанные на данных, собранных о каждом конкретном товаре. Плюсы: можно делать рекомендации даже незнакомым пользователям, тем самым вовлекая их в сервис; возможность рекомендовать те объекты, которые еще не были никем оценены. Минусы: точность сильно падает, время разработки немного возрастает, сильная зависимость от предметной области, ограниченность полезности рекомендаций.

3. Основанные на знаниях (knowledge-based) – рекомендации, основанные на знаниях о предметной области (и не о каждом товаре). Такой тип требует высокой точности. Кроме того, система изучает и анализирует взаимосвязь между объектами, учитывает ряд

дополнительных опций, относящихся к индивидуальным свойствам пользователей (пользовательские пожелания и демографические особенности). Плюсы: возможность исключить ситуацию рекомендации товаров уже неактуальных для данного пользователя. Минусы: высокая сложность разработки и сбора данных.

4. Гибридные (*hybrid*) – рекомендации, основанные на объединении коллаборативных и контентных подходов, которые позволяют избежать большинства недостатков, свойственных каждой системе [4–6].

Рекомендательные системы предназначены для поиска объектов, которые понравятся пользователю или будут ему полезны. Многие рекомендательные системы используют подход, основанный на обобщённых рейтингах, но при этом снижается точность соответствия поисковой информации пользовательскому запросу, хотя такая практика широко распространена. Поэтому интерес представляет разработка именно параметрического поискового механизма, который позволит искать не самую популярную, но тематическую информацию, которая будет соответствовать интересам пользователя, а также подбирать похожую информацию по метрикам схожести.

Выводы. Построение рекомендательных систем – очень сложный и трудоемкий процесс. Необходимо брать во внимание все факторы риска при построении подобных систем. Требуется учитывать всю тонкость и сложность анализа входных данных. Так же было определено, на основе каких данных будет производиться анализ в рекомендательной системе.

Основной и самой глобальной проблемой является недостаток данных о бизнесе в ДНР. Так как для эффективного анализа данных требуется большой объем входной информации, планируется разработать систему, которая будет давать самые точные рекомендации на основе анализа всевозможных данных.

Список литературы

1. Джонс М. Т. Принципы работы рекомендательных механизмов Интернета. [Электронный ресурс]. IBM developerWorks, 2014. URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-recommender1/>.
2. Пономарев А. В. Обзор методов учета контекста в системах коллоквиративной фильтрации // Труды СПИИРАН, 2013. № 7 (30), С. 169-188.
3. Федоровский А.Н. Архитектура рекомендательной системы, работающей на основе неявных пользовательских оценок / А.Н. Федоровский, В.К. Логачева // Труды 13й Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» – RCDL'2011, Воронеж, Россия, 2011.
4. Построение рекомендательных систем. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/230155/> (дата обращения 24.12.2019)
5. Фитджеральд Ю. Рекомендательные системы сегодня – необходимость для бизнеса. [Электронный ресурс]. IBM developerWorks, 2017. URL: 41c1c9109988.
6. Чепикова Е.Д. Исследование алгоритмов рекомендательных систем. / Е.О. Савкова, М.В. Привалов // Информатика и кибернетика. №4. – ДонНТУ, 2016. – С. 57-60.

ОПТИМИЗАЦИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМ

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

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

mail@tolstykh.com

В современном мире эра экстенсивного развития человечества подходит к концу. Земные, людские, финансовые и другие ресурсы не бесконечны. Наступила эра интенсивного развития, эра повсеместной экономии природных ресурсов, энергии, рабочего времени, минимизации экологического ущерба, максимизации выгоды и тому подобное. В основе интенсификации развития общества лежит *оптимизация* объектов и процессов, с которыми сталкивается человечество.

Для оптимизации, оптимального управления состоянием объектов необходимо иметь их математические модели, поскольку оптимальные состояния сначала ищут на моделях, а потом переносят на объекты. Для достаточно качественной оптимизации необходимо иметь не только хорошие методы оптимизации, но и хорошие математические модели.

Большое количество объектов и процессов описываются с желаемой точностью только моделями пространственно-распределённых систем в виде дифференциальных уравнений с частными производными. Для таких моделей особенно актуальна идентификация, поскольку их параметры (коэффициенты уравнений) не всегда могут непосредственно измеряться, и даже известные табличные данные не всегда могут использоваться без надлежащей адаптации. Задача идентификации должна давать оптимальную математическую модель.

Оптимизация пространственно-распределённых систем – это сложная задача. Здесь искомое решение (управление), как правило, представляет собой функцию, или несколько функций, зависящих от пространственных и, возможно, временной переменных. Математические пространства, которым принадлежат такие управлении, называются бесконечномерными. К сожалению, популярные методы оптимизации ориентированы на конечномерные пространства. Попытка их формального обобщения на бесконечномерные пространства, в подавляющем большинстве случаев прикладных задач, не дают положительных результатов. Оптимальные решения не достигаются за конечное число попыток приближения к оптимуму. Сходимость является неравномерной в пространстве и времени.

Прямой экстремальный подход [1] может решить указанные проблемы и использоваться для практического решения широкого курага

оптимизационных задач с распределёнными системами (оптимальное управление, оптимальный дизайн, идентификация...).

Перед нами стоит задача:

$$J(u) = \int_{\omega} I(v, u) d\omega \rightarrow \min, \quad \omega \subset \Omega,$$

$$\text{при условии } \mathbb{D}(\tau, v, u)v = 0, \quad \tau \in \bar{\Omega},$$

где $J(u)$ – функционал, критерий цели оптимизации, неявно зависящий от функции управления $u(\tau)$ и состояния системы $v(\tau)$, $\tau \in \Omega$ – пространственно-временная переменная из области функционирования распределённой системы, описываемой дифференциальным оператором \mathbb{D} .

В прямом экстремальном подходе оптимальное значение управления u ищется пошагово (итерационно) в ходе непосредственной минимизации целевого функционала $J(u)$ экстремальными методами, т.е. здесь задача оптимизации формулируется в виде:

$$u_* = \arg \min J(u),$$

где u_* – это оптимальное управление, искомый оптимальный параметр. Сами уравнения $\mathbb{D}v = 0$ распределённой системы используются для определения направлений пошаговой минимизации $J(u)$.

В прямом экстремальном подходе, для обобщения экстремальных алгоритмов на бесконечномерные пространства, вводится специальный параметр-функция регулирования направления спуска (метод с регулируемым направлением спуска), который позволяет добиваться быстрой равномерной сходимости в пространстве управлений. Для корректного выбора такого параметра предлагается новая форма необходимых условий оптимальности. Условия формулируются не в точке оптимума, а в её окрестности, что позволяет реализовать и контролировать равномерную сходимость к оптимуму.

Список литературы

1. Толстых В.К. Прямой экстремальный подход для оптимизации систем с распределёнными параметрами / В.К. Толстых. – Донецк: Юго-Восток, 1997. – 178 с.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННЫХ ЧАСОВ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO

Фролова Т.А., Бахмутский Ю.А.

ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, РФ
frolpi4774@mail.ru

Введение. С древних времен понятие «время» является неотъемлемой частью жизни человека и лишь относительно недавно в масштабах развития истории человечества, всего несколько тысяч лет назад, люди смогли изобрести прибор, позволяющий определять его с достаточно высокой точностью – часы.

Основная часть. С момента изобретения часов прошло немало веков, а часы все продолжали и продолжают изменяться и совершенствоваться. В настоящее время самым распространенным типом часов используемых в быту и на производстве являются электронные часы. И в наши дни возможности позволяют нам самостоятельно разработать новый вид часов – электронные часы [1].

Разработка подобных часов, соответственно, и является целью данной работы. Работа будет проводиться на основе программно-аппаратного комплекса Arduino. Он представляет собой некое подобие электронного конструктора, поскольку позволяет при работе с ним создавать множество электронных устройств с самыми разными назначениями.

Цель проекта – разработка электронных часов на основе программно-аппаратного комплекса Arduino, который представляет собой подобие электронного конструктора, позволяющего создавать множество электронных устройств с самыми разными назначениями.

Задачами, необходимыми для достижения цели проекта являются [5–7]:

- изучение особенностей составляющих, необходимых для сборки часов;
- разработка кода программы на основе Arduino;
- сборка часов, проверка их работоспособности и изучение их особенностей.

Первым и самым важным при создании любого электронного устройства на Arduino является, непосредственно, сама процессорная плата Arduino. Процессорных плат для Arduino существует великое множество, для данной работы была использована Arduino UNO.

Для самих электронных часов нам необходим модуль реального времени [3]. Делать часы на его основе удобно и практично, так как подобный модуль будет продолжать вести отсчет времени даже при отсутствии основного питания часов или перепрограммировании. В

данной работе была использована модель DS1307. Подобный модуль работает на собственной литиевой батарейке, идущей в комплекте с ним, и его работы хватает на довольно длительное время: примерно на пять лет.

Поскольку проект носит экспериментальный характер, при подключении модуля к плате мы воспользуемся беспаечной макетной платой или, как ее еще называют, BREADBOARD. Это не так надежно как спайвание деталей, но дает возможность при случае разбирать собранные устройства и видоизменять их [4]. Подобные платы состоят из пластикового основания с отверстиями для соединительных проводов, внутри корпуса по бокам у них расположены шины питания, а по центру находятся проводники, идущие поперек платы.

В отличии от механических часов, циферблат у электронных часов бывает достаточно редко. Поэтому для обозначения времени в электронных часах используется дисплей – электронное устройство, предназначенное для отображения визуальной информации. В качестве дисплея мы воспользуемся светодиодным матричным индикатором с контроллером MAX 7219. Стандартный размер одного подобного устройства – 8x8 светодиодов, что слишком мало для часов. Поэтому мы будем использовать индикатор, состоящий из четырех стандартных частей.

В качестве программной среды для работы с Arduino использовалась бесплатная программа Arduino IDE, в которой происходило написание скетча, то есть, программирование самих часов [2]. Используемый нами скетч позволяет использовать часы в нескольких режимах и настраивать их определенным образом. Поэтому для управления часами и их настройки посредством BREADBOARD к процессорной плате мы также подключаем две тактовые кнопки. Это простой механизм, замыкающий электрическую цепь при давлении на него, который все мы много раз встречали в повседневной жизни [1].

Одна из кнопок при нажатии на нее показывает дату и день недели. В режиме настройки часов она используется для переключения параметров. Вторая кнопка позволяет переключение между четырьмя режимами отображения времени и настройками часов.

Первый режим, Basic, отображает только часы и минуты; второй Small, отображает помимо часов и минут секунды.

Третий режим Slide, похож на Basic, но отличается от него так называемым «скольжением» цифр при смене часов и минут.

Четвертый режим – Words, отображает время в словесном формате. В режиме настройки часов мы можем управлять следующими параметрами: форматом отображения времени (двенадцати или двадцати четырех часов), яркостью светодиодного индикатора и самим временем.

Наконец, для работы часов им необходим источник питания. Для автономной работы часов мы будем использовать Power Shield, повышающий и стабилизирующий напряжение от литий ионного

аккумулятора типоразмера 16650 до пяти вольт, уровня необходимого для платы Arduino.

Использование аккумулятора в отличии от батареи гораздо удобнее, так как аккумуляторы своим устройством предполагают наличие возможности их подзаряжать, в то время как заряд батареек, к сожалению, имеет свойство кончаться безвозвратно. Помимо этого также возможно использование любого другого внешнего источника напряжения от шести до двенадцати вольт, для чего устройство платы Arduino UNO предполагает наличие соответствующего разъема для внешнего питания.

Часы – одно из важнейших изобретений человечества, и они используются людьми в повседневной жизни ежедневно. С момента появления первых часов, солнечных, прошли многие сотни лет, и за это время они значительно видоизменились, став теми самыми часами, с которыми сейчас так хорошо знаком каждый из нас – электронными. И один из способов создать такие часы самостоятельно – с использованием программно-аппаратного обеспечения Arduino.

Заключение. Таким образом, изучив особенности программно-аппаратного комплекса Arduino и составляющих, необходимых для сборки часов, а также узнав об особенностях различных видов часов в разное время, мы выполнили основную цель проекта и осуществили сборку опытного образца электронных часов.

В дальнейших перспективах проекта планируется добавить к часам датчик температуры, как комнатной, так и уличной, и перевести надписи на дисплее на русский язык для более удобного использования.

Список литературы

1. Джереми Б. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. Пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 336 с.
2. Монк С. Программируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами. – СПб.: ООО Издательство «Питер», 2017. – 252 с.
3. Петли В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 464 с.
4. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 256 с.
5. Кишмерешкина О.Ю. Использование автоматизированной обучающей системы / Кишмерешкина О.Ю. // XIX Всероссийская студенческая научно-практическая конференция Нижневартовского государственного университета: Сб. статей. – Нижневартовск, НГУ. – 2017. – С. 94-97.
6. Мартинайтите Д.А., Найданов А.И. Совершенствование виртуальной лаборатории для разработки проектов будущих специалистов транспортной отрасли / Д.А. Мартинайтите, А.И. Найданов // Цифровые технологии в сфере транспорта и логистики: Мат. Межд. научно-практич. конф. – Омск, СибАДИ. – 2018. – С. 12-15.
7. Обельчакова К.А. Интерактивные методы обучения в современном образовании / К.А.Обельчакова // Фундаментальные и прикладные исследования молодых учёных: сб. научных трудов II Межд. научно-практич. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных. – Омск, СибАДИ. – 2018. – С. 776-779.

КЛЮЧЕВЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ УСПЕШНОГО Е-СОММЕРСЕ ПРОЕКТА В ИНТЕРНЕТ ПРОСТРАНСТВЕ

Хромова М.Н.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР
khromovamaria96@gmail.com

Введение. Е-бизнес – генезис создания электронного бизнеса Слово ebusiness происходит от английской фразы electronic business и в переводе на польский язык означает электронный бизнес. Он был впервые использован IBM в 1995 году. Под концепцией электронного бизнеса скрывается метод управления бизнесом, использующий информационные решения, в основном веб-приложения.

Основная задача электронного бизнеса заключается в совершении сделок между контрагентами в режиме онлайн, а предметом покупки-продажи является прежде всего информация. Для обозначения электронного бизнеса используются взаимозаменяемые слова e-Trade (e-commerce) и e-Exchange (E-trade).

Особенностью ведения сетевого бизнеса является дубликация действий, обеспечивающая стабильность и простоту создания структуры. Иначе говоря, партнерская сеть тогда будет стабильной, а бизнес успешным, когда партнеры будут использовать один и тот же алгоритм привлечения и обучения, передавая его друг другу, как бы по наследству. Научился сам, научи других научать других делать тоже самое – каламбур, дающий низкий порог входа и возможность успеха фактически для любого партнера компании независимо от возраста и образа мысли [1].

Все бы ничего, но данный принцип играет с нами злую шутку, когда мы переходим в интернет. Почему? Потому интернет – это область индивидуальности и свободы, это море возможностей и решений, работоспособность которых меняется с поразительной скоростью. То, что вчера работало на ура, сегодня «прошлый век». В этом смысле, интернет – это своего рода благословение и проклятие для сетевого бизнеса. Применяя в интернете те способы и методы, которые зарекомендовали себя в офлайн, большинство консультантов обрекают свою деятельность на провал. Интернет не терпит СПАМ'а, не терпит и назойливости.

Чтобы вести эффективный сетевой маркетинг в интернете нужно быть достаточно гибким, чтобы адаптироваться к изменяющимся условиям, но в то же время стабильным в своей способности строить партнерскую структуру, обучая этому других.

Основная часть. Чтобы выжить в океане интернет-бурь и волн маркетинговых изменений бизнес должен быть гибким и стабильным. Система обучения должна формироваться исходя из трендов передовых

бизнес технологий, а механизм сопровождения и работы с командой должен быть упорядочен и эффективен во времени. Этого очень сложно добиться в рамках сетевого бизнеса, но возможно благодаря особенностям все того же интернет пространства. У нас всегда должны быть методы, эффективность которых подтверждается временем, но вместе с тем мы должны иметь «в рукаве» козырь применив который мы адаптируем метод к особенностям рынка и влияем тем самым на ситуацию с другой стороны.

Стремительное развитие интернет технологий формирует новые качества интернет-маркетинга. Чтобы успешно вести дела в сети и развивать проекты необходимо быть готовым реагировать на изменяющиеся условия окружающей среды, а значит быть способным улавливать и фиксировать нововведения происходящие в интернет-пространстве и применять их в своем бизнесе.

Работой в интернете не выходя из дома теперь никого не удивишь, но вот работой с телефона или планшета вполне даже очень. Принцип мобильности предполагает, что каждый из нас волен и способен вести свой бизнес находясь где угодно имея под рукой лишь смартфон или планшет с выходом в интернет. Мы внедряем и пропагандируем систему при которой каждой из нас, используя прежний набор методов, усовершенствованных концепцией свободного бизнеса, может создать и вести сетевой бизнес из любой точки мира. Приложения, установленные в смартфоне, предоставляют все необходимые для этого инструменты и являются упрощенными версиями тех сайтов и сервисов, что мы используем работая за компьютером. Большая часть из них полностью бесплатны и доступны для установки, как на системы android, так и ее аналога от apple.

Мы обладаем улучшенной системой работы и ориентируемся на особенности каждого человека в отдельности. Почему? Потому что каждый из нас ведет свой образ жизни и имеет индивидуальный набор личностных качеств, сопряженный с его жизненным опытом. С началом новой деятельности нас всюду учат познавать мир заново, мол забудь, все то, что ты знал до этого, это другой мир с готовой системой действий, в который не надо ничего придумывать, просто изучи, делай и будешь получать свой доход. Здесь априори система идеальна и не нуждается в правке, а люди нужны лишь в качестве исполнительной рабочей силы без возможности выражать собственное мнение [2].

Как правило, людей не располагают к проявлению индивидуальности, когда естественным образом такое желание возникает. Мы же действуем именно таким образом. Ибо глупо будет не учитывать особенности характера и личности наших партнеров и пытаться обучать скайп-собеседованию тех, кто с удивительной скоростью пишет прекрасные статьи; или предлагать человеку раскидывать по 100-300 визиток или объявлений в день, если у человека есть ярко выраженные навыки в продажах и построении отношений с клиентами. Мы

совокупляем интерес партнера с его навыками и особенностями и предлагаем набор инструментов применительно для каждого.

Работая с планшета или смартфона мы не имеем возможности полноценного доступа к сайтам, а можем только работать при помощи приложений и просматривать страницы через мобильный браузер. Известно, что верстка (организация блоков страниц) для сайтов рассчитана на десктопные устройства (ПК и ноутбуки) и поэтому они имеют полноценный масштаб и набор элементов предназначенный именно для просмотра на компьютерах. Мобильные же устройства (планшеты, смартфоны) имеют меньший размер экрана, а следовательно под них нужен другой вид сайта и совсем иной порядок элементов. Свойство сайтов подстраиваться под изменяющиеся размеры экрана и типы устройств называется адаптивностью и является основным показателем грамотного мобильного маркетинга.

Заключение. Поскольку количество смартфонов и планшетов по всему миру увеличивается с бешеною скоростью, то взаимодействуя с целевой аудиторией, пользующейся преимущественно мобильными устройствами, нужно позаботиться о том, чтобы ваш сайт обладал адаптивностью или же имел рабочую мобильную версию. Потому что в противном случае, у вас будет высокая степень отказов и закрытия сайта. Это принципы ведения не только сетевого бизнеса, но и интернет бизнеса вообще. Они отражают специфику современного онлайн маркетинга и позволяют выводить бизнес проекты на новый уровень. Мобильность, адаптивность, дубликация, гибкость и ориентация на личностное развитие – основные рычаги достижения успеха.

Список литературы

1. Сетевой маркетинг в интернете. Мифы и реальность / А.В. Синамати // Режим доступа: http://www.sinamati.com/articles/?ELEMENT_ID=10302
2. Сетевой маркетинг через Интернет – новый подход / А.А. Рудь // Режим доступа: <https://aleksandrrud.ru/setevoy-marketing-cherez-internet/>

УДК 004.75

МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО СЕРВИСА ПОДБОРА МУЗЫКИ ПО ПЕРСОНАЛЬНЫМ ПРЕДПОЧТЕНИЯМ

Царёв Ю.В., Бондаренко В.И., канд. техн. наук
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
melin1989@mail.ru

Введение. Популярность музыкальных сервисов зависит от качества музыки, а также от ее количества. Чем больше и обширнее библиотека

музыки, тем с большей вероятностью пользователь может найти музыку, которая ему понравится. Но возникает вопрос: как пользователь сможет найти композицию, которая ему придется по душе, из миллиона существующих треков. Для решения данного вопроса предлагается использовать рекомендательные системы [1].

В данной работе произведено исследование существующих методов разработки рекомендательных систем и выбора наиболее подходящего.

Основная часть. Целью исследования является исследование методов разработки интеллектуального сервиса подбора музыка по индивидуальным предпочтениям.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть существующие решения;
- изучить и обозначить достоинства и недостатки методов;
- выбрать лучшее решение для создания интеллектуального сервиса подбора музыки по персональным предпочтениям.

Существует множество методов, используемых для построения рекомендательных систем. Их можно разделить на два подхода: контент-ориентированный и коллаборативную фильтрацию.

Целью контент-ориентированных является создание для каждого пользователя и предмета своего профиля. Профиль предмета содержит информацию по важности того или иного предмета, а профиль пользователя содержит вероятность появления того или иного предмета. Важность предмета можно оценить по общей оценке всех пользователей.

Построив эти профили, можно вычислить сходство между ними. Если предмет имеет наибольшее сходство с пользователем или с другими предметами пользователя, то он может быть рекомендован пользователю.

Рассмотрим несколько распространённых методов определения сходства [2]:

1. Косинусное сходство.

Для определения косинусного сходства берём профиль пользователя и предмета, и по формуле (1) вычисляем сходство между ними. Под профилем можно понимать вектор.

$$\text{similarity} = \cos(\theta) \frac{A * B}{\|A\| \|B\|} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \times B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i)^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (B_i)^2}} \quad (1)$$

2. Мера Жаккара.

Меру Жаккар так же называют коэффициентом сходства или пересечения над объединением. Другими словами, это отношение количества уникальных символов, выраженные в двух векторах, к общему числу символов. Выглядит Мера Жаккара следующим образом:

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad (2)$$

3. Коэффициент Такимото.

Еще один способ определения меры схожести двух множеств. Коэффициент Танимoto рассчитывается по следующей формуле:

$$T = \frac{N_c}{N_a + N_b - N_c}, \quad (3)$$

где T – сам коэффициент, который принимает значения от 0 до 1(чем ближе к 1, тем больше сходство между множествами)

N_a – количество элементов в первом множестве

N_b – количество элементов во втором множестве

N_c – количество общих элементов в обоих множествах

4. Коллаборативная фильтрация.

В настоящее время данный метод является самым распространённым. Его разновидности используется в большинстве рекомендательных системах, таких, как Яндекс.Музыка, Deezer и Spotify.

Коллаборативная фильтрация заключается в том, что, если есть пользователи, которые слушают одинаковую музыку, то скорее всего одному из них понравиться музыка, которая понравилась второму. В отличии от контент-ориентированного подхода, здесь нет признаков, соответствующих пользователям или предметам [3].

$$r_{u,i} = k \sum_{u' \in U} sim(u, u') r_{u',i} \quad (4)$$

Есть два вида коллаборативной фильтрации, первый на основе памяти. В ней запоминается матрица полезности, а рекомендации строятся по запросам данного пользователя к остальной части матрицы полезности.

$$\hat{y}_{ik} = \bar{y}_i + \frac{1}{\sum_{a \in U_k} |w_{ia}|} \sum_{a \in U_k} w_{ia} (y_{ak} - \bar{y}_a), \quad (5)$$

где w_{ia} – это сходство между пользователями, которые можно вычислить методами рассмотренными ранее.

Следующий вид коллаборативной фильтрации основан на модели. Примером является матричная факторизация. Факторизация – это разложение объекта на его простые составляющие, и таким образом выделить ключевые компоненты этого объекта.

При работе с матрицей, её необходимо разложить. Для можно использовать несколько распространенных методов, таких как метод главных компонентов; усечённое сингулярное разложение; неотрицательное разложение матрицы. В результате получается:

$$V(m \times n) = W(m \times k) \times H(k \times n), \quad (6)$$

где k – количество компонентов.

Матрицы W и H выбираются таким образом, чтобы минимизировать функцию потерь. В данном случае удобно использовать дивергенцию Кульбака–Лейблера:

$$D(A, B) = \sum_{i,j} a_{ij} \log\left(\frac{a_{ij}}{b_{ij}}\right) - a_{ij} + b_{ij} \quad (7)$$

Описанный подход наиболее полезен, когда имеется большое количество данных высокой разреженности. Матричная факторизация помогает ускорить вычисления путём понижения размерности. При этом, недостатком является снижение интерпретируемости, поскольку не известно, что именно означают элементы векторов.

Заключение. Был проанализирован ряд методов разработки рекомендательных систем. Было принято решение использовать метод коллаборативной фильтрации как наиболее подходящего для разработки интеллектуального сервиса подбора музыки.

Список литературы

1. Doshi N. Recommendation Systems — Models and Evaluation [Электронный ресурс]. – URL: <https://towardsdatascience.com/recommendation-systems-models-and-evaluation-84944a84fb8e> (дата обращения: 21.09.2020).
2. Барсенгян А.А. Анализ данных и процессов / А.А. Барсенгян. – 3-е изд.,.. – СПб: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
3. Su X. A Survey of Collaborative Filtering Techniques / X. Su, T.M. Khoshgoftaar // Advances in Artificial Intelligence. – 2009. – Т. 2009. – С. 421-425.

УДК 004.421

ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ ЛИНЕЙНЫХ ФИЛЬТРОВ НА ПЛАТФОРМЕ .NET CORE

Шарий Т.В., канд. техн. наук,
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, ДНР
tspHERE@mail.ru

Введение. В настоящее время активно развивается платформа .NET, обладающая такими достоинствами, как: надежность, высокая скорость, удобство создания графических интерфейсов настольных, мобильных и web-приложений, облачные вычисления Azure. Тем не менее, существует не так много .NET-библиотек с определенными функциями цифровой обработки сигналов [1], а универсальных решений практически нет. Таким образом, задача эффективной реализации цифровых линейных фильтров на современных версиях платформ .NET является актуальной.

Целью работы является исследование и повышение эффективности программных реализаций линейных инвариантных к сдвигу цифровых фильтров (Linear Time-Invariant filters, LTI) на платформе .NET Core.

Реализации цифровых линейных фильтров. Первая программная версия реализации LTI-фильтров как с конечной, так и с бесконечной

импульсной характеристикой (КИХ- и БИХ-фильтры, соответственно), основывается на конечно-разностном уравнении [1-3] и использовании циклического буфера линий задержки. Проход по буферу начинается с отсчета по индексу n до конца массива и затем с нулевого отсчета до индекса $n-1$. Из-за особенностей работы кэш-памяти процессора такая реализация является не самой эффективной. Поэтому была предложена вторая версия, в которой за счет дублирования массива коэффициентов в памяти обеспечивается непрерывность прохода по циклическому буферу. В обеих версиях времененная сложность алгоритма обработки N отсчетов – $O(NK)$, где K – порядок фильтра. Третья версия реализации фильтра базируется на его представлении в пространстве состояний. С алгоритмической точки зрения, в этой версии производятся простейшие операции сложения и умножения для вычисления каждого выходного отсчета сигнала на основе входного отсчета и текущего состояния фильтра, а также всего один цикл для обновления вектора состояний. Наиболее эффективен данный алгоритм для БИХ-фильтров с одинаковым числом рекурсивных и нерекурсивных коэффициентов (в частности, для фильтров Баттервортса и Чебышева). Преимуществом подхода является также возможность явно инициализировать, задавать и контролировать состояние фильтра в любой момент времени.

Эксперимент проводился с аудиоданными в формате PCM WAV с частотой дискретизации 22050 Гц. Замеры времени производились с предварительным «разогревом» процессора, несколько раз и в различном порядке, затем полученные значения усреднялись. Порядок фильтра варьировался в пределах от 5 до 31. Проектировались полосовые фильтры Чебышева и Баттервортса, с различными частотами среза. На рис.1 приведены скоростные показатели фильтрации сигнала длительностью 20 минут (около 26,5 миллионов отсчетов). Эксперименты производились на процессоре Intel Core i3 с тактовой частотой 3,5 ГГц.

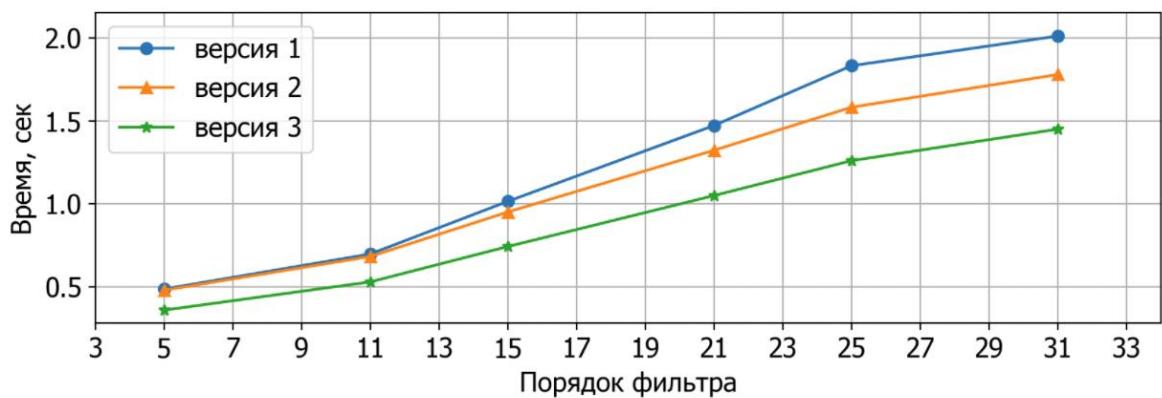


Рис. 1. Результаты экспериментов

Эксперименты выявили более высокую эффективность третьей версии кода для БИХ-фильтров. При более высоких порядках фильтра прирост

скорости фильтрации является уже довольно значительным (около 25 %). В случае с КИХ-фильтрами более эффективна вторая версия (на платформе .NET Framework прирост производительности может приближаться к 2X).

Заключение. Проведенные исследования позволили получить эффективные реализации цифровой фильтрации на новейшей платформе .NET Core. Для БИХ-фильтров Баттервортса и Чебышева предпочтительна версия кода, основанная на представлении системы в пространстве состояний. Для КИХ-фильтров более быстрыми являются две реализации, основанные на конечно-разностных уравнениях. Вторая версия работает несколько быстрее, но требует в два раза больше памяти. В целом, выбор между ними не так критичен и будет зависеть от конкретной ситуации.

Список литературы

1. Downey A. Think DSP. Digital Signal Processing in Python / A.Downey. – O'Reilly Media, 2016. – 176 р.
2. Шарий Т.В. Об особенностях реализации цифровых линейных фильтров на платформах .NET Framework и .NET Core / Т.В. Шарий // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г. Технические науки, 2019. – Вып.3. – С.20-25.
3. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing by S.W. Smith [Электронный ресурс] : сайт. – Электрон. дан. – California Technical Publishing, 1997-2011. – Режим доступа: <http://www.dspsguide.com>. – Загл. с экрана.

УДК 656.13

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСА БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Шишунов Т.О., Маруга М.М.

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

Введение. Автотранспорт на сегодняшний день является одним из самых опасных средств передвижения. По данным ГИБДД Ростовской области, к примеру, только за 2019 год произошло 1362 аварии, 433 непосредственно в Ростове. В результате в регионе погибло 194 человека, 9 из которых это дети. Всего раненных и пострадавших около 1 751 человек [1].

Отсюда можно заметить, что это является большой проблемой современности, так как авто трафик становится все более нагруженный. Эта проблема постоянно требует улучшения методов профилактики, и своевременной реакции для ее устранения.

Многие технологические разработки и даже целые комплексы программного обеспечения уже используются в автомобилях. Одной из

самых новых считается технология экстренного торможения, которая действует на основе лазерного сканера и срабатывает при появлении препятствий ближе, чем за десять метров. Она также может подавать сигналы водителю или осуществлять торможение самостоятельно. Рассматривая современные технологии сложно обойти внимание множество дополнительных гаджетов, датчиков и устройств против засыпания за рулем [2].

Все эти гаджеты безусловно повышают безопасность водителя и окружающих, однако существует множество факторов, влияющих на обстановку на дороге. С помощью статистических данных и данных ГИБДД есть возможность выявлять самые опасные участки дороги и давать рекомендации по снижению уровня аварийности.

Актуальность исследований технологий позволяющих повысить безопасность при использовании автотранспорта обусловлено следующими причинами: снижение смертности в автокатастрофах, снижение полученныхувечий и инвалидности, связанных с ДТП. С помощью исследований статистики за прошлые годы имеется возможность обрисовывать тепловые карты, по которым можно определить самые проблемные районы города и области. Посредством построения математической модели можно частично спрогнозировать, где с высокой вероятностью может произойти ДТП, если прибегнуть к анализу уже существующих статистических данных, то можно определить какие факторы в конкретный момент имеют большее влияние на аварийность. Все это поможет гос. службам снизить риск возникновения ДТП.

Целью данного исследования является разработка метода для повышения возможностей в области обеспечения безопасности при управлении автотранспортом, а также повышения безопасности окружающих. Помимо этого, появляется возможность с некоторой точностью спрогнозировать и предотвратить аварийную ситуацию на дороге. Для достижения цели исследования был проведен анализ предметной области, изучены уже реализованные технические и программные средства разработанные для повышения безопасности ситуации на дороге.

Для реализации комплекса программ предварительно будет взят язык программирования Python, за обеспечение хранения и контроля за данными можно взять любую СУБД, а также для отображения ситуации на дорогах по городу следует использовать ГИС систему, которая будет работать в связке с выбранной СУБД.

Результат. По предварительным исследованиям программного комплекса по повышению безопасности на дороге можно сделать вывод о том, что данный комплекс позволяет существенно повысить эффективность мер по разрешению и предотвращению опасных случаев при движении автотранспорта. Помимо этого, данный комплекс можно эффективно использовать в связке с уже реализованными решениями.

На данном этапе разработки была реализована часть исследуемого программного продукта, в частности система визуализации данных по ДТП из базы данных с помощью построения тепловой карты средствами ГИС. Как пример на рисунке 1 представлено как это будет выглядеть на примере дата сета ДТП в городе Лондон. В качестве шкалы, используются цвета от зеленого до красного. Зеленым обозначены случаи с малым весом (случаи с низкой частотой или повреждениями), красным же обозначены случаи с высоким весом (высокая частота ДТП и высокий уровень травматизма).

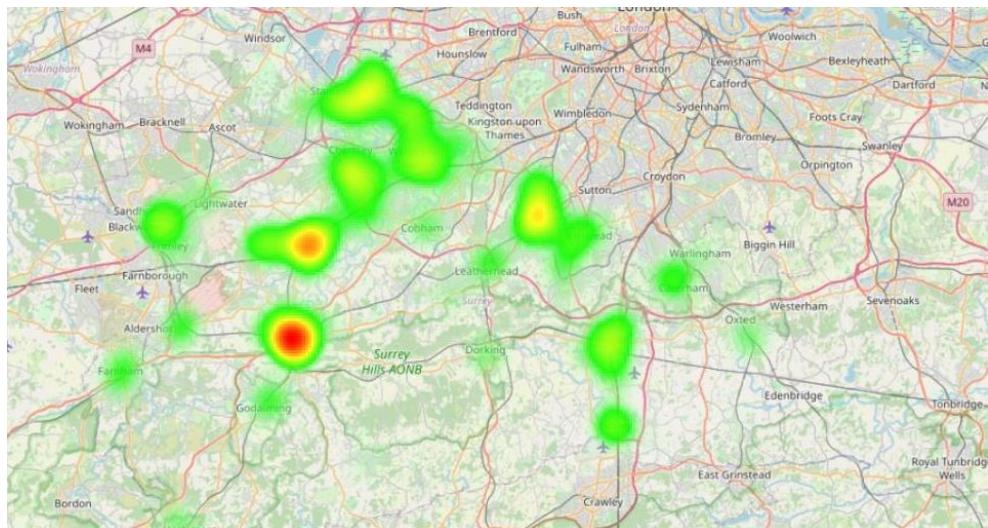


Рис. 1. Пример построенной тепловой карты

В заключении стоит отметить, что при должном исполнении и реализации всех заявленных функций позволит значительно снизить возникновение аварийных ситуаций, позволит ГАИ нагляднее увидеть статистику и проанализировать динамику ДТП и путем воздействия на ключевые факторы скорректировать ситуацию на дороге.

Список литературы

1. Официальный сайт ГИБДД МВД России [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gibdd.ru>.
2. Материалы XI международной научно-практической конференции (15 марта 2018 год).

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Физика неравновесных процессов

Беззуб А.А., [Недопёкин Ф.В.], Бондаренко В.И., Бодряга В.В. Численное моделирование физических процессов в агрегате ковш-печь	5
Бодряга В.Е., Толстых В.К. Идентификация теплофизических параметров в виде полиномов, зависящих от температуры процесса	8
Вахмин С.Ю., Щербаков А.В. Компьютерное моделирование диффузионной подвижности атомов Fe и P в аморфном сплаве Fe ₈₃ P ₁₇	11
Глухова Ж.Л. О численном моделировании процессов диффузии водорода в металлах с учетом возникающего поля напряжений	13
Коркишко В.В., [Недопекин Ф.В.] Расчет барботажной зоны промежуточного ковша при донной продувке аргоном	16
Кухарев А.Л. О некоторых критериях подобия при моделировании дуговых печей	19
Лысых Я.А., Асланов П.В., [Белоусов В.В.], Потапов В.В., Хомутов Е.В., Кузнецова И.В., Зенин О.В. Численное моделирование влияния препараторов-кровезаменителей на гемодинамические свойства.....	22
Пищеничный К.А., Толстых В.К. Численное моделирование нестационарных процессов в противоточных средах с фазовыми переходами.....	25
Щеголева Т.А., Гольцов В.А. Изгиб пластины палладия при электрохимическом одностороннем насыщении водородом	28
Дмитренко Н.А. Экспериментальный стенд для исследования влияния гидродинамически-активных добавок на работу шахтных систем кондиционирования воздуха	31

Стандартизация и метрология

Борисенко Н.В. Расширение области аттестации производственно-технологической лаборатории хлебоприемного подразделения ГП «АГРОДОНБАСС»	34
Гайдуль Н.А. Разработка проекта методики выполнения измерений полных, статических и динамических давлений на аэродинамическом стенде АС-5 с помощью информационно-измерительной системы	36
Григорьев Е.С., Борисова Н.И., Полянский А.А., Зотов А.Е. Определение параметров эквивалентной схемы пьезокристаллов	38
Полищук В.С., Пересадченко А.Н., Алексов Ю.А., Волошанович И.Н. Установка для экспресс измерения магнитных свойств магнитно-абразивных порошков	40
Славко А.А., [Недопекин Ф.В.], Бондаревский-Колотий В.А. О совершенствовании контроля эксплуатационных параметров рентгенодиагностических аппаратов в учреждениях здравоохранения	43
Финошин Н.В., Доскалова К.О. Экспериментальные исследования профилей средней скорости и пульсаций скорости в трубопроводе с периодически изменяющимся поперечным сечением	47
Финошин Н.В., Заключенко Е.Ю. Разработка аэrodинамических весов и исследование их метрологических характеристик	50

Прикладная экология

<i>Базарский О.В., Кочетова Ж.Ю., Андриевский И.А.</i> Метрологические аспекты в экологии.....	53
<i>Бодряга В.В., Недопекин Ф.В., Быковская Н.В.</i> Анализ возможных механизмов образования бурого дыма	56
<i>Бодряга В.В., Недопекин Ф.В., Титов А.И.</i> Расчет рассеивания выбросов бурого дыма	58
<i>Бородин Д.С., Шалованов О.Л., Ялтута Е.А., Кутепов Д.В., Ребенок Е.В.</i> Опыт интерпретации данных сейсмологического мониторинга в Донбассе.....	61
<i>Внукова С.В., Кочетова Ж.Ю., Калинин Н.С.</i> Повышение селективности пьезокварцевого микровзвешивания паров бензина.....	64
<i>Громенко В.О., Щепина Н.Д., Мысник И.В., Заговора Н.В., Удодов И.А.</i> Технологические методы получения монохелатов цинка и железа из отходов промышленных линий горячего цинкования	67
<i>Журавлёв С.В., Комарова О.А., Чебышев К.А., Капитанчук Е.Ю., Удодов И.А.</i> Получение из техногенных отходов и эффективность применения комплексных молибден-кобальтовых микроудобрений для зернобобовых культур в почвенно-климатических условиях Донбасса.....	70
<i>Кроль В.И., Попова Е.А., Кроль А.Н.</i> Пожароопасность мест складирования бытовых отходов	73
<i>Намаконов Б.В., Полякова А.В.</i> Реновационная концепция экологической проблемы планеты.....	75
<i>Хачатрян А.А., Габраелян Г.А.</i> Прикладная экология	78

Теоретическая физика и нанотехнологии

<i>Авдошин В.Ю., Безус А.В.</i> Фазовые переходы в сотовой доменной структуре тонкой феррит-гранатовой пленки	81
<i>Барбашов В.И., Чайка Э.В.</i> Влияние концентрации сульфоянтарной кислоты на протонную проводимость мембран на основе поливинилового спирта	84
<i>Сирюк Ю.А., Безус А.В., Капищуков Р.А., Кононенко В.В.</i> Температурно-полевая устойчивость решеток полосовых доменов в одноосной феррит-гранатовой пленке	86
<i>Вальков В.И., Головчан А.В., Митюк В.И., Маширов А.В.</i> Обменно-структурная модель магнитокалорических переходов порядок-порядок, порядок-беспорядок.....	89
<i>Гуменик К.В., Червинский Д.А.</i> Динамика изгиба и распрямления палладиевой консоли в процессе одностороннего насыщения водородом.....	93
<i>Занозин А.А., Петренко А.Г., Шемченко Е.И.</i> Исследование структуры плёнок $CN_x:Eu_yO_z$, на основе ИК-спектров поглощения	96
<i>Изотов А.И., Сироткин В.В., Кильман Г.В., Шалаев Р.В.</i> Применение сверхкритического флюида для получения новых композитных материалов	97
<i>Комиссаров Н.Н., Петренко А.Г., Шемченко Е.И.</i> Изучение параметров люминесценции наноструктурных плёнок $CN_x:Eu_yO_z$	99
<i>Королев К.А., Головчан А.В., Сиваченко А.П., Грибанов И.Ф., Каменев В.И., Сиваченко Т.С., Коледов В.В., Шавров В.Г., Андрейченко Е.П., Нырков Н.Ю.</i> Особенности магнитокалорического эффекта в $MnNi_{0.75}Fe_{0.25}Ge$	101

<i>Лихтенштейн И.Я., Шемченко Е.И.</i> Исследование структурообразования пленок CN _x Eu _y O _z при различных параметрах работы DC-магнетрона	104
<i>Малецкий А.В., Беличко Д.Р., Милославский А.Г., Константинова Т.Е., Лоладзе Л.</i> Алюминиевый допинг для улучшения свойств циркониевой керамики.....	106
<i>Николаенко Ю.М., Федюк Д.В., Решидова И.Ю.</i> Диагностика тепловых кинетических коэффициентов подложечного материала в тонкопленочных болометрических структурах.....	108
<i>Николаенко Ю.М., Эфрос Н.Б., Корнеевец А.С.</i> Вариация кислородного содержания в нанотолщинных пленках La _{0.8} Sr _{0.2} MnO _{3-δ}	111
<i>Нырков Н.Ю., Андрейченко Е.П., Грибанов И.Ф.</i> Virgin-эффект и процессы зародышеобразования при магнитоструктурном фазовом переходе в магнитокалорическом сплаве Mn _{0.89} Cr _{0.11} NiGe	114
<i>Паладян Ю.А., Федоров С.А., Румянцев В.В.</i> Акустически активная неидеальная 1D кристаллическая сверхрешетка.....	117
<i>Пилипенко Е.А., Горбенко Е.Е.</i> Энергия нулевых колебаний тяжелых кристаллов инертных газов	120
<i>Посыпаев А.А., Петренко А.Г., Шемченко Е.И.</i> Исследование спектров люминесценции в плёнках CN _x :Eu _y O _z , полученных при помощи DC-магнетрона	123
<i>Роменский А.М., Петренко А.Г., Шемченко Е.И.</i> Исследование структуры плёнок CN _x :Eu _y O _z , полученных при помощи DC-магнетрона, методами ACM.....	124
<i>Рыбалка А.Е., Федоров С.А., Румянцев В.В.</i> Зависимость удельного угла вращения плоскости поляризации света в неидеальной решетке от концентрации дефектов структуры	127
<i>Самойленко З.А., Ивахненко Н.Н., Белоусов Н.Н., Пущенко Е.И., Бадекин М.Ю., Чернявская Н.В.</i> Структурные изменения в композите Cu-NbTi под действием пакетной гидроэкструзии	131
<i>Сидак И.Л., Погибко В.М., Раков В.Ф.</i> Фильтрация через многоуровневые высокопористые тела	133
<i>Сухорукова О.С., Тарабенко А.С.</i> Механизм формирования и коллапса резонансов фано при прохождении поперечных фононов через слоистые магнитные гетероструктуры.....	136
<i>Тарасов Д.П. Толкачев Т.А.</i> Магнитные свойства нанокомпозитов системы CO _x (PZT) _{100-x}	139
<i>Токий Н.В., Токий В.В.</i> Кислородная вакансия в 100 пластине анатаза при всестороннем сжатии	141
<i>Химченко Д.Г., Заворотнев Ю.Д., Румянцев В.В.</i> Рекомбинация бозе-эйнштейновского конденсата экситонов с учетом фазового синхронизма	144
<i>Христов А.В., Червинский Д.А., Шелест В.В.</i> Влияние комплексного ангармонизма на калориметрические и дилатометрические свойства конденсированных систем в формализме термодинамики устойчивости равновесного фазового состояния	147
<i>Червинский Д.А., Христов А.В., Шелест В.В.</i> Связь комплексного ангармонизма с упругими волнами в сплошной среде	150
<i>Шемченко Е.И., Яковец А.А.</i> Особенности люминесценция ионов Eu ³⁺ в плёнках CN _x :Eu _y O _z , полученных с помощью DC-магнетрона	153

Радиофизика и инфокоммуникационные технологии

<i>Бабичева М.В.</i> Оптимизация нейронной сети редукцией проигравших нейронов....	156
--	-----

<i>Данилов В.В., Тимченко В.И.</i> Измерение параметров устройств на поверхностных акустических волнах	158
<i>Малащенко В.В., Гладкая А.Д., Малащенко Т.И.</i> Влияние лазерного излучения на динамические процессы в функциональных сплавах	161
<i>Мезин Н.И.</i> Конструкционный материал для коммуникационных систем на основе динамического хаоса	164
<i>Тимченко В.И., Подлесный В.Ю.</i> Генерация упругих волн при резонансной акустической спектроскопии.....	167
<i>Третьяков И.А.</i> Автоматизация метода лингвистического анализа спектрограмм радиочастот	170

Компьютерные технологии

<i>Аверин Г.В.</i> Описание эмпирических данных, характеризующих системы различной природы.....	174
<i>Биленко А.Ю., Нестругина Е.С.</i> Применение сверточных нейронных сетей для распознавания возраста и пола человека	177
<i>Бодряга В.В., Михайский И.В.</i> Реализация информационной системы для автосервиса с использованием telegram.bot.api	179
<i>Болонов Н.И., Бодня А.С., Ломонос Г.Т., Хрипунов Р.А.</i> Координатное устройство для автоматизации проведения измерений на лабораторных экспериментальных стендах.....	181
<i>Бондаренко В.И.</i> Применение облачных технологий для электронного учебника «Математическое моделирование гидродинамических и теплообменных процессов в стальных слитках»	184
<i>Буденко П.А., Бондаренко В.И.</i> Построение моделей интеллектуального анализа научных и методических публикаций преподавателей ВУЗа.....	187
<i>Винник А.О., Мартыненко А.М.</i> Исследование энергопотребления на предприятиях тяжёлой промышленности на примере шахты им. А.А. Скочинского. Способы сокращения энергопотребления по средствам внедрения программного обеспечения для мониторинга и учёта.....	190
<i>Володин Н.А., Пшеничный К.А.</i> Об идентификации непрерывной функции в обыкновенном дифференциальном уравнении	194
<i>Волошин И.В., Горчакова Л.С., Занько А.И.</i> Блокчейн: принципы и реализация.....	197
<i>Воробьев С.А., Решетняк Т.А., Винниченко Е.М., Скопич Т.И.</i> Применение ГИС в угольной промышленности	199
<i>Глухов А.А., Анциферов А.В.</i> О программном комплексе обработки результатов шахтных сейсмических экспериментов	202
<i>Гришина Д.С., Абрамова О.П.</i> Разработка игрового интеллектуального агента	205
<i>Дончик И.Д., Бондаренко В.И.</i> Постановка задачи разработки голосового помощника для полиграфической компании	208
<i>Ермоленко Т.В., Стужук А.К.</i> Обзор архитектур нейронных сетей, используемых для классификации тонов при распознавании речи тональных языков.....	211
<i>Захлебина Л.Е.</i> Компьютеризация образования в современных условиях.....	214
<i>Звягинцева А.В., Аверин Г.В.</i> О возможности построения системно-феноменологических моделей мирового хозяйства.....	217
<i>Ивина О.А.</i> Программирование массивов с помощью NUMPY	220

<i>Ивина О.А., Романова В.В.</i> Возможности языка программирования PHYTON в научных вычислениях.....	222
<i>Каркищенко А.Н., Мнухин В.Б.</i> Разработка метода распознавания трещин на изображениях, представленных на графах	224
<i>Касименко А.А., Киценко Д.П., Бондаренко В.И.</i> Принципы построения рекомендательной системы для подбора отельно-ресторанного комплекса	227
<i>Колосов Р.С., Нестругина Е.С.</i> Рекомендательная система подбора новостных источников на основе интеллектуального анализа предпочтений пользователя	229
<i>Конончук Э.В., Маруга М.М.</i> Анализ факторов, влияющих на возникновение дорожно-транспортных происшествий.....	232
<i>Костров Б.В., Костров Б.А., Мухина Е.Е.</i> Анализ программно-технических решений для реализации облачных сервисов	235
<i>Котенко В.Н.</i> Применение метода инвариантных моментов для поиска объекта на изображении-сцене с использованием библиотеки Open Computer Vision	239
<i>Котенко Ю.В., Котенко В.Н., Рюмишина О.С.</i> Автоматизированная система управления мобильным пожарным роботом	242
<i>Котенко Ю.В., Котенко В.Н., Хвыль А.Д.</i> Мобильное приложение дополненной реальности «Кафедра компьютерных технологий – экскурс в историю»	245
<i>Котенко Ю.В., Цыбик А.В.</i> Технология дополненной реальности при визуализации экскурсионного тура по достопримечательностям Донецка	248
<i>Куликов И.А., Шарий Т.В.</i> О новом подходе к созданию компьютерных игр с адаптивным игровым процессом	251
<i>Лукин Е.А., Семилетов И.М., Базарский О.В.</i> Повышение контраста аэрофотоизображений, полученных в сложных метеорологических условиях	253
<i>Мартыненко А.М., Головченко Е.П.</i> Исследование современных технологий обработки графической информации	255
<i>Мартыненко А.М., Иванилов Б.Г.</i> Анализ программных средств отслеживания общественного транспорта в режиме реального времени для составления критериев разработки собственного программного обеспечения.....	257
<i>Мартыненко А.М., Кулик А.С.</i> Метод разработки IoT-ресурсов на базе платформы NodeMCU	260
<i>Мартыненко А.М., Наскидашвили К.А.</i> Исследование современных тенденций WEB-дизайна для увеличения посещаемости сайтов	264
<i>Мартыненко А.М., Побережник Е.В.</i> Исследование графического дизайна в контексте визуальной культуры в современных информационных технологиях	267
<i>Мосейкин Е.С., Нестругина Е.С.</i> Методы представления и обработки знаний в компьютерных играх	269
<i>Негода А.Г., Шарий Т.В.</i> Распознавание человеческих эмоций в видеофайлах на основе капсульных сетей.....	272
<i>Пугач А.А., Бондаренко В.И., Бондаренко В.В.</i> Микросервисы в системе дистанционной подачи документов в ВУЗ.....	274
<i>Романова В.В., Ивина О.А.</i> Продвижения образовательных услуг в системе интернет-маркетинга	277
<i>Романова В.В., Ивина О.А., Кроль В.И.</i> Информационные технологии будущего. Какие информационные технологии изменят нашу жизнь	279

<i>Рюмишина О.С., Толстых В.К.</i> Мобильный контроль состояния удаленных промышленных объектов и процессов	281
<i>Сторчак О.Ю., Нестругина Е.С.</i> Рекомендательная система анализа актуальности бизнеса в ДНР	283
<i>Толстых В.К.</i> Оптимизация и идентификация распределённых систем	286
<i>Фролова Т.А., Бахмутский Ю.А.</i> Разработка электронных часов на основе программно-аппаратной платформы Arduino.....	288
<i>Хромова М.Н.</i> Ключевые принципы создания успешного E-COMMERCE проекта в интернет пространстве	291
<i>Царёв Ю.В. Бондаренко В.И.</i> Методы разработки интеллектуального сервиса подбора музыки по персональным предпочтениям	293
<i>Шарий Т.В.</i> Эффективные реализации цифровых линейных фильтров на платформе .NET core	296
<i>Шишиунов Т.О., Маруга М.М.</i> Исследование вопроса безопасности дорожного движения с использованием современных технологий.....	298

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ДОНЕЦКИЕ ЧТЕНИЯ 2020:
ОБРАЗОВАНИЕ, НАУКА, ИННОВАЦИИ,
КУЛЬТУРА И ВЫЗОВЫ СОВРЕМЕННОСТИ**

Материалы
V Международной научной конференции
17-18 ноября 2020 г.,
г. Донецк

ТОМ 1
Физико-математические и технические науки
Часть 2

под общей редакцией проф. *С.В. Беспаловой*

Ответственный за выпуск доц. *П.В. Асланов*

Дизайн обложки *Е.Г. Грудева*
Технические редакторы *В.Г. Медведева, М.В. Фоменко*
Компьютерная верстка *В.Г. Медведева*

Адрес оргкомитета:
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
ул. Университетская, 24, г. Донецк, 83001, ДНР.
E-mail: *science.prorektor@donnu.ru*

Подписано в печать 05.11.2020 г.
Формат 60×84/16. Бумага офисная.
Печать – цифровая. Усл.-печ. л. 17,84.
Тираж 100 экз. Заказ № 20ноя155/2.
Донецкий национальный университет
83001, г. Донецк, ул. Университетская, 24.
Свидетельство о внесении субъекта
издательской деятельности в Государственный реестр
серия ДК № 1854 от 24.06.2004 г.