



ISSN: 2664-7362

Донецкие чтения 2022:

образование, наука,
инновации, культура
и вызовы современности



МАТЕРИАЛЫ VII Международной
научной конференции,
посвящённой 85-летию
Донецкого национального университета

Том 2

Физические, технические
и компьютерные науки



Уважаемые коллеги! Дорогие друзья!

Проводимая сегодня традиционная VII Международная научно-практическая конференция «Донецкие чтения-2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности» отличается от всех предыдущих. Это первая конференция, которая проводится Донецким национальным университетом в новых исторических условиях, когда Донецкая народная Республика стала частью Российской Федерации, воссоединившись со своей исторической Родиной.

Это свершившееся историческое событие, к которому были обращены все наши помыслы и мечты, вошло в нашу жизнь стремительно и основательно. Стало поворотным историческим итогом нашей общей борьбы за восстановление исторической справедливости и консолидации русских людей.

Произошедшие события оказали свое решающее влияние на укрепление сотрудничества ДонНУ с вузами Русского мира и нашими отечественными университетами из Российской Федерации, принявшей Республику после долгой разлуки в свой состав, придали взаимодействию новый импульс, наполнили его новым содержанием, что позитивно сказалось на научном, образовательном, информационном и методическом уровне конференции. Возрос интерес к традиционно проводимым Донецким чтениям, увеличилось число участников конференции, расширилась тематика научных исследований, более углубленным стал подход исследователей к изучению актуальных проблем в различных отраслях науки. Одновременно усилилось внимание к вопросам применения теоретических знаний в практическую деятельность. Сборник трудов конференции издан в 10 томах, включающим 15 книг. Свои доклады и научные статьи на конференцию, выполненные на основании фундаментальных и прикладных исследований в области наиболее важных проблем естественно-математических, технических и социально-гуманитарных наук, были направлены ДонНУ многими известными специалистами и молодыми учеными Российской Федерации, дальнего и ближнего зарубежья.

Все эти научные исследования представляют значительный научный интерес. Они проанализированы и систематизированы, вошли в публикуемый научный сборник конференции.

Отмечу, что проведение традиционной научной конференции одновременно первой в составе России будет способствовать решению новых задач, которые стоят перед фундаментальной и прикладной наукой Российской Федерации и академическим сообществом Донецкой Народной Республики.

**С наилучшими пожеланиями, ректор Донецкого национального университета, доктор физико-математических наук, профессор
Светлана Владимировна Беспалова**

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

**VII Международная
научная конференция,
посвящённая 85-летию
Донецкого национального университета**

Материалы
конференции

Том 2

**ФИЗИЧЕСКИЕ,
ТЕХНИЧЕСКИЕ И
КОМПЬЮТЕРНЫЕ
НАУКИ**

**Донецкие чтения
2022:
образование, наука,
инновации, культура
и вызовы
современности**

г. Донецк
27–28 октября 2022 г.

Донецк
Издательство ДонНУ
2022

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

Редакционная коллегия:

С.В. Беспалова (гл. ред.), В.И. Сторожев (зам. гл. ред.),
М.В. Фоменко (отв. секр.), В.А. Дубровина, С.А. Фоменко,
И.А. Третьяков (отв. секр. секции), Г.В. Аверин, П.В. Асланов,
А.В. Безус, В.В. Данилов, А.Г. Петренко

Д672 Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы VII Международной научной конференции, посвящённой 85-летию Донецкого национального университета (Донецк, 27–28 октября 2022 г.). – Том 2: *Физические, технические и компьютерные науки* / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2022. – 295 с.

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

Во второй том материалов VII Международной научной конференции «Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности» вошли исследования по актуальным проблемам физических и технических наук. Рассматриваются вопросы физики неравновесных процессов, стандартизации и метрологии, прикладной экологии, теоретической физики и нанотехнологий, радиофизики, инфокоммуникационных и компьютерных технологий.

Освещённые в сборнике проблемы и направления их решения будут полезны научным работникам, преподавателям, студентам, аспирантам и докторантам, проводящим исследования в области физических и технических наук.

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

© Коллектив авторов, 2022

© Донецкий национальный университет, 2022

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., д-р ист. наук, доцент, заместитель декана по научной работе исторического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва).

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

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).

Вартанова Е.Л., д-р филол. наук, академик РАО, декан факультета журналистики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (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).

Евстигнеев М.П., д-р физ.-мат. наук, профессор, проректор по научной и инновационной деятельности Севастопольского государственного университета (г. Севастополь).

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

Зинченко Ю.П., д-р психол. наук, профессор, академик РАО, декан факультета психологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва).

Кирпичников М.П., д-р биол. наук, профессор, академик РАН, декан биологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва).

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

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

Лингарт А.А., д-р филол. наук, профессор, декан филологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва).

Лубков А.В., д-р ист. наук, профессор, академик РАО, ректор Московского педагогического государственного университета (г. Москва).

Некипелов А.Д., д-р экон. наук, профессор, академик РАН, директор Московской школы экономики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва).

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

Осмоловский А.А., канд. биол. наук, доцент, заместитель декана по академической политике и развитию интернационализации биологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва).

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

Половян А.В., д-р экон. наук, доцент, 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).

Разумова Т.О., д-р экон. наук, профессор, зав. кафедрой экономики труда и персонала Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва).

Решидова И.Ю., канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., директор ГУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина» (г. Донецк).

Рябичев В.Д., д-р техн. наук, профессор, ректор Луганского государственного 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).

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 Донецкого национального университета (г. Донецк).

Судаков С.Н., д-р физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., и.о. директора ГУ «Институт прикладной математики и механики» (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 имени М.В. Ломоносова (г. Москва).

Туранина Н.А., д-р филол. наук, профессор, зав. кафедрой библиотечно-информационной деятельности Белгородского государственного института искусств и культуры (г. Белгород).

Шемякина Н.В., канд. экон. наук, доцент, директор ГБУ «Институт экономических исследований» (г. Донецк).

ФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Физика неравновесных процессов

УДК 536.46

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ ЖИДКИХ ТОПЛИВ В ВЫСОКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

Алиева Н.М., Муканов Р.В.

ГАОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, РФ
rvmukanov@mail.ru

Введение. В настоящее время традиционные способы управления процессами горения не позволяют значительно увеличить интенсивность горения органического топлива. Исходя из этого всё актуальнее становится применение новых способов интенсификации процессов горения, которые позволят более полно сжигать топливо, и способны снизить токсичность выбросов. Одним из таких способов является воздействие на факел горения высокопотенциальным электростатическим полем.

Основная часть. В научно-технической литературе имеются сведения о положительном эффекте воздействия на процесс горения электрического поля [1-4], однако однозначного подтверждения этого эффекта, применительно к горению жидкого топлива, используемого в котельных установках, не установлено.

Проводя анализ таких работ, можно заметить, что иногда встречаются противоречивые данные в результатах экспериментов по воздействию на пламя электрических полей.

Влияние электрического поля на пламя связано с наличием в последнем положительно и отрицательно заряженных частиц (электронов, ионов, и воздействия диполей). С помощью многочисленных экспериментов установлено, что в пламени присутствует разделение зарядов, а именно: отрицательный заряд находится внизу в предпламенной зоне, а положительный в верхней, в его более яркой части факела. Это обусловлено присутствием носителей заряженных частиц – ионов, радикалов в пламени, что подтверждает наличие свойств его электропроводности, и возможности изменения формы факела и характера его горения при размещении в непосредственной близости электромагнитных полей.

Присутствие заряженных частиц в пламени позволяет сделать предположение о возможном воздействии на процесс горения топлива при помощи внешних, направленных электрических полей. Например, такое

воздействие на источник горения можно реализовать путём наложения на пламя магнитных или электрических полей, получаемых от дополнительных электрических генераторов этих полей.

Также заметное влияние на факел пламени оказывает направление электрического поля, приложенного извне, при этом выделяют два основных направления заряда: вертикальное и горизонтальное. В данном исследовании используется вертикальное направление заряда с разной полярностью. Два электрода расположены один над другим соосно в вертикальной плоскости [5].

Для проведения экспериментальных исследований был создан лабораторный стенд (см. рис. 1), состоящий из разработанного нами высоковольтного блока питания 5, верхнего 4, и нижнего 2 электродов, корпуса 1 и кюветы 3 для топлива.

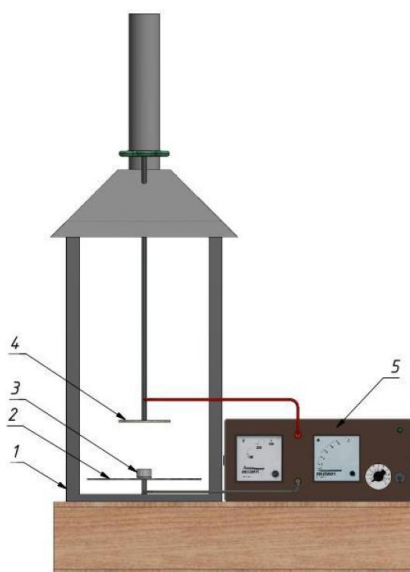


Рис. 1. Экспериментальный лабораторный стенд

Электроды представляют из себя алюминиевые диски диаметром 100 мм, подключенные силовыми экранированными кабелями к высоковольтному блоку питания. Полярность присоединения высоковольтных проводов зависела от условий эксперимента: в первом случае нижний электрод установки присоединялся к положительному электроду, во втором к отрицательному. В качестве топлива использовалось летнее дизельное топливо (аналог печного для энергетических котельных установок) марки Лукойл, которое для улучшения процесса воспламенения подогревалось до 150 °С.

При проведении экспериментов в кювету загружалось топливо, производилось его воспламенение, а на электроды подавалось напряжение (возможности высоковольтного блока 0÷30 кВ). Процесс горения фиксировался на цифровую камеру. Во время эксперимента величина напряжения менялась. Также имелась возможность смены полярности напряжения на электродах в промежутках между экспериментами.

Зафиксированные результаты воздействия электростатического поля на процесс горения показаны на рис. 2 и 3.

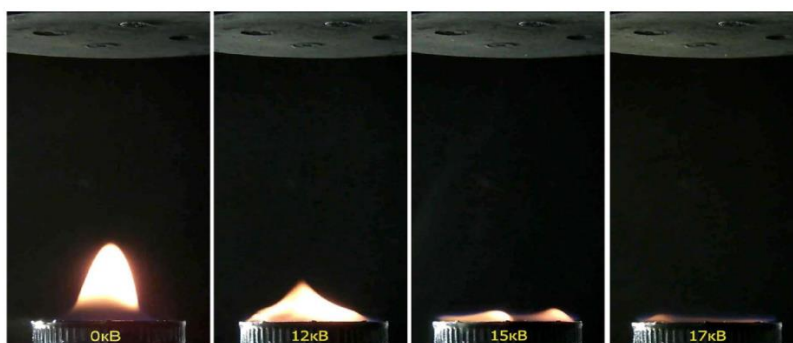


Рис. 2. Отрицательный электрод внизу

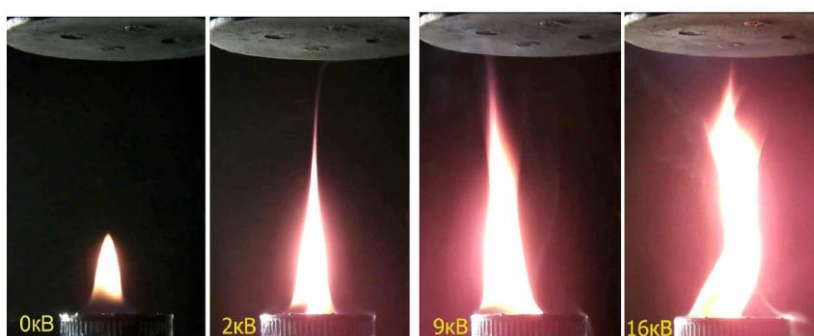


Рис. 3. Положительный электрод внизу

Заключение. Проведенные экспериментальные исследования показали, что при подаче на нижний электрод отрицательного потенциала, процесс горения замедляется в процессе повышении напряжения на электродах, а при обратной полярности наблюдалась интенсификация горения. Полученные результаты могут быть использованы при создании высокоэффективных и экологичных горелочных устройств для сжигания жидкого топлива.

Список литературы

1. Малиновский А. Э. Влияние электрического поля на процессы горений при пониженных давлениях / А. Э. Малиновский, К. Е. Егоров // ЖЭТФ. – 1934. – Т. 4, вып. 2. – С. 208-214.
2. Лавров Ф. А. Влияние продольного электрического поля на процесс горения газовых смесей / Ф. А. Лавров, А. Э. Малиновский // ЖФХ. – 1933. – Т. IV, вып. I. – С. 104-108.
3. Степанов Е. М. Ионизация в пламени и электрическое поле / Е. М. Степанов, Б. Г. Дьячков. – М.: Металлургия, 1968. – 310 с.
4. Гуляев Г. А. О влиянии постоянного электрического поля на горение смеси пропан-бутан с воздухом / Г. А. Гуляев, Г. А. Попков, Ю. Н. Шебеко // ФГВ. – 1985. – Т. 21, № 4. – С. 23-35.
5. Свинцов В. Я. Новый метод сжигания жидкого топлива в топочных устройствах котельных агрегатов / В. Я. Свинцов, Р. В. Муканов // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 8. – С. 21-23.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТ КРОВИ И КРОВЕЗАМЕНИТЕЛЕЙ

Асланов П.В., канд. физ.-мат. наук, с.н.с., *Демидова Е.А.*, *Рябченко Е.Э.*

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

aslanov.fnpme@gmail.com

Неупорядоченные движения форменных элементов относительно плазмы могут порождать квазитурбулентность в потоке. Кроме того, разветвленность сосудистой сети и пульсации артериального давления порождают вторичные течения в потоке крови. Так как все эти отклонения от совершенной ламинарности течения вызывают возникновение дополнительных гидродинамических сопротивлений, то естественно думать, что возможность их подавления эффектами типа эффекта Томса [1] должна была быть «использована» природой. Это означает, что можно допустить существование некоторого механизма в живом организме, продуцирующего высокомолекулярные соединения и поставляющего их в малых количествах в кровь для «облагораживания» потока последней в сосудистой сети.

Для проверки высказанных предположений нами были поставлены опыты по определению гидродинамического сопротивления при течении физиологического раствора, плазмы крови и плазмы крови с микродобавками высокомолекулярного полимера на гидродинамической установке, описанной в нашей работе [2]. Результаты некоторых экспериментов показаны на рис.1, где (в логарифмических координатах) по оси абсцисс отложены значения числа Рейнольдса $Re=dU/\nu$, по оси ординат – коэффициент сопротивления $\lambda=2d\Delta P/L\rho U^2$.

Здесь λ – коэффициент гидродинамического сопротивления; L и d – длина и диаметр трубки, соответственно; U – расходная скорость течения жидкости; ρ и ν – плотность и кинематическая вязкость жидкости, соответственно.

Опытные точки 1 соответствуют результатам экспериментов с физраствором, остальные – опытам с плазмой. Точки 2 соответствует опытам с чистой плазмой, точки 3 – плазмы с добавкой высокомолекулярного полиэтиленоксида WSR-301 (концентрация $C=25$ ppm). Сплошными линиями на графике показаны законы сопротивления для ньютоновской жидкости: Пуазейля (ламинарный режим течения) и Блазиуса (турбулентный режим течения).

Заметим, что плазма крови является ньютоновской жидкостью, поскольку ее кажущаяся вязкость практически не зависит от скоростей сдвига. Экспериментальные точки для течения плазмы крови должны

группироваться вблизи кривой Блазиуса. Однако, они расположены существенно ниже кривой Блазиуса, что свидетельствует о снижении гидродинамического сопротивления плазмы крови по сравнению с ньютоновской жидкостью.

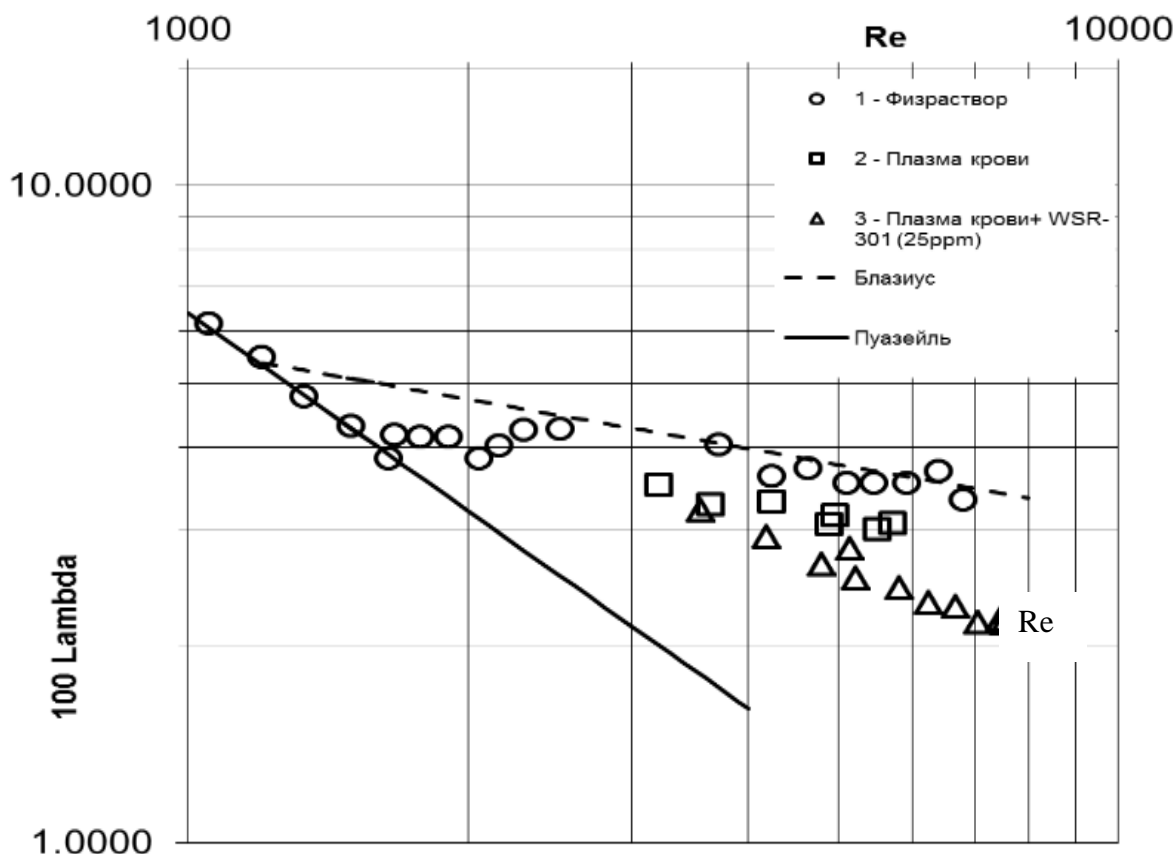


Рис. 1. Зависимость коэффициента гидродинамического сопротивления λ (Lambda) от числа Рейнольдса Re

Наряду с этим нами проведены лабораторные исследования реологических свойств кровезаменителей. Препараты-кровезаменители имеют широкое применение в медицине [2]:

- лечение и профилактика гиповолемии;
- профилактика и лечение гипотензии (например, при проведении эпидуральной или спинномозговой анестезии);
- проведение острой нормоволемической гемодилюции (искусственное кровообращение);

Несмотря на широкое применение, их влияние на гидродинамические характеристики крови практически не исследованы. Данный факт придаёт актуальности исследованиям, посвященным течению крови с добавленными кровезаменителями.

Полученные результаты показывают, что чистая кровь является псевдопластичной жидкостью. Результаты исследований приведены на рис. 2.

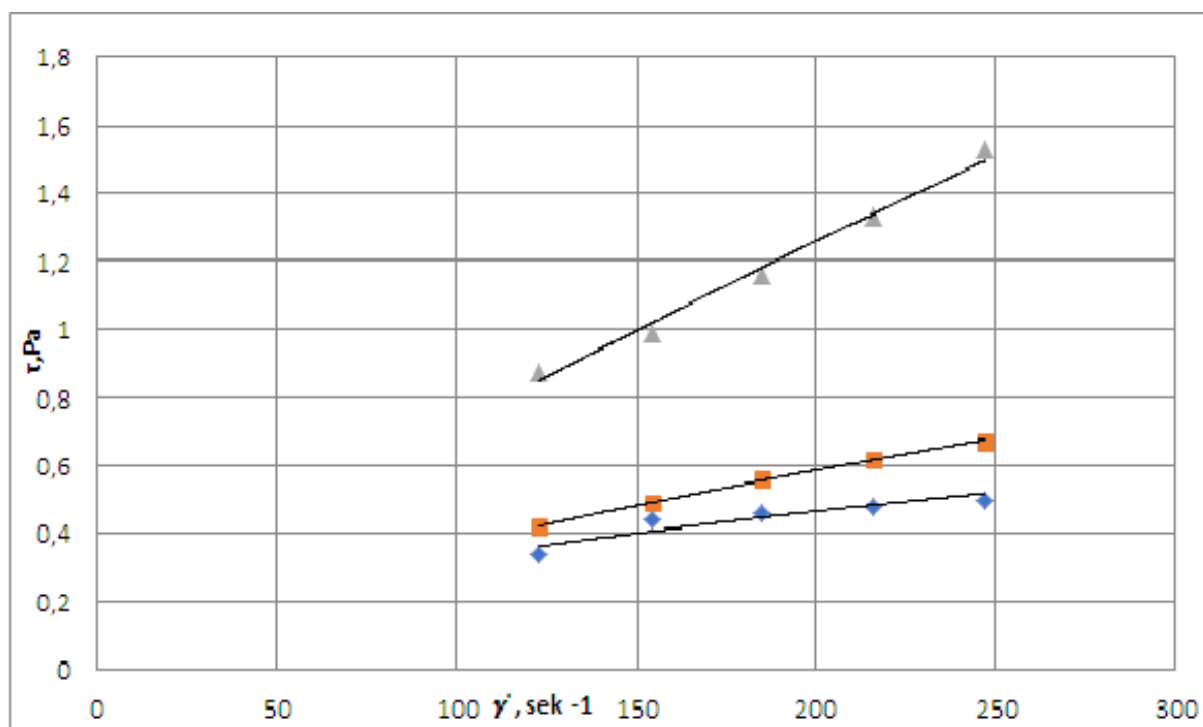


Рис. 2. Зависимость напряжения сдвига τ от скорости сдвига $\dot{\gamma}$.
 ◆ - чистая кровь, ■ - кровь с гелофузином, ▲ - кровь с венофундином

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. Григорян С. С. О влиянии растворимых в крови высокомолекулярных соединений на гемодинамику / С. С. Григорян, М. В. Каменева, А. А. Шахназаров и др. // Докл. АН СССР. – 1977. –Т. 236. – С. 319-320.
2. Асланов П. В. Аппаратурное обеспечение гемодинамических исследований / П. В. Асланов, В. Г. Чеплюков и др. // Труды Второго международного научно-практического семинара «Повховские научные чтения». – Донецк: ДонНУ, 2012. – С. 318-321.
3. Черняховская Н. Е. Коррекция микроциркуляции в клинической практике / Н. Е. Черняховская. – М.: Бином, 2013. – 208 с.

РАЗРАБОТКА МОДЕРНИЗИРОВАННОГО СТАЛАГМОМЕТРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Джиенбаева А.А.¹, Муканов Р.В.¹, Муканова О.Р.²

¹ГАОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, РФ

²МУП «Астрводоканал», г. Астрахань, РФ
rvmukanov@mail.ru

Введение. Имеющиеся способы диспергирования жидких сред, в настоящее время находятся на пике своего технического развития. Повышение параметров диспергирования требует значительного усложнения конструкции распылителей, при незначительном повышении качества распыла. Дисперсность распыла является главным параметром распыливающих устройств, и повышение тонкости распыла является актуальной задачей, решение которой требует разработки новых методов и устройств диспергирования.

Основная часть. В научно-технической литературе имеются сведения о электростатическом диспергировании [1] которое потенциально может быть использовано для диспергирования жидких топлив в теплогенерирующих установках [2]. Суть метода заключается в придании диспергируемому топливу электрического заряда, путем создания высокопотенциального электростатического поля в зоне распыления. Под действием кулоновских сил, струя (пленка) жидкости распадается на капли таких размеров, при которых силы взаимного отталкивания капель уравновешиваются силами поверхностного натяжения.

Основы теории электростатического диспергирования [3] устанавливают однозначную связь между диаметром (радиусом) капли, полученной в результате воздействия электростатического поля и коэффициента поверхностного натяжения жидкости.

$$\sigma_q = \sigma - \frac{r}{4} \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2 \quad (1)$$

где r – размер распыливаемых капель до воздействия электростатического поля, м.; ε – относительная диэлектрическая проницаемость; ε_0 – постоянная электростатического поля, Ф/м; σ – поверхностное натяжение капли, Н/м; E – напряженность электростатического поля, Н/Кл;

Также известна зависимость, устанавливающая связь между радиусом частиц и напряженностью электростатического поля имеет вид [3]

$$r_q = r \cdot \left(1 - \frac{r}{4 \cdot \sigma} \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2\right) \quad (2)$$

Для исследования процессов электростатического диспергирования жидких топлив разных марок, и разработке теории диспергирования жидких топлив, необходимо создать банк данных физических свойств (коэффициентов поверхностного натяжения) топлив, как функции напряженности электростатического поля.

Для проведения исследований процессов диспергирования в высокопотенциальном электростатическом поле использовалась разработанная нами экспериментальная установка (см. рис.), основой которой является сталагмометр. Для определения коэффициента поверхностного напряжения в зоне действия поля он был дополнен электродной системой.

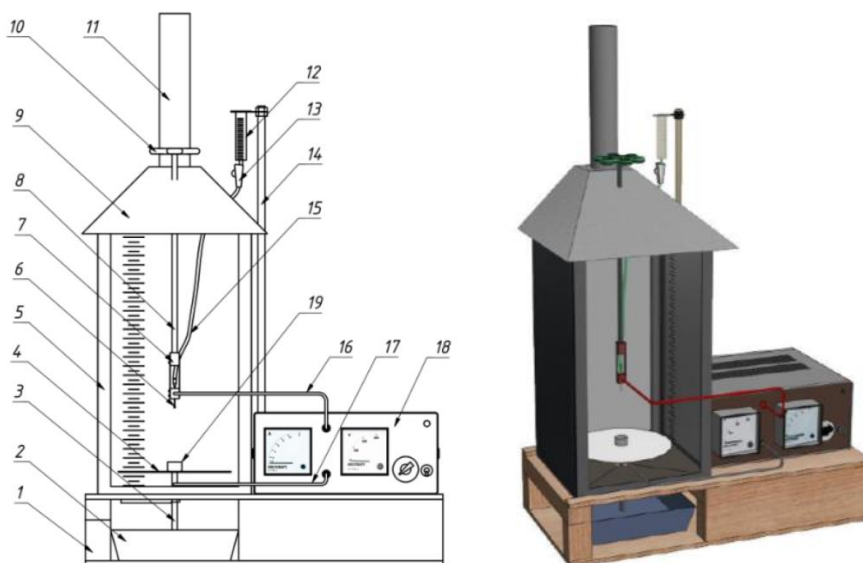


Рис. Экспериментальная лабораторная установка

Лабораторная установка (см. рис.), состоит из основания 1, каркаса 5, сваренного из металлических уголков, на котором закреплен вытяжной короб 9 и труба 11 для вывода продуктов горения (при исследовании процессов горения топлива в зоне действия электростатического поля). В корпусе 1 находится поддон 2 для сбора излишек стекающего топлива во время эксперимента. Внизу, в центре каркаса 5 закреплена нижняя шпилька 3, на которой закреплён нижний электрод, выполненный из листового алюминия толщиной 3 мм и имеющий диаметр 220 мм. Под ним, соосно установлена верхняя шпилька 8, на которой закреплён корпус 7 штуцера 6, из которого происходит истечение исследуемого топлива. При помощи рукоятки 10 можно вращать шпильку 8 и соответственно сам штуцер, меняя тем самым рабочее расстояние между электродами, зависящее от цели проводимого опыта.

На корпусе установке находится большая стойка 14, на которой находится ёмкость для исследуемой жидкости, и трубка 15, по которой жидкость подаётся в штуцер 6. С помощью зажима 13 можно регулировать

подачу исследуемого топлива или полностью её останавливать. В непосредственной близости от корпуса установки располагается высоковольтный источник питания 18, с которого по проводам 16 и 17 напряжение передаётся на электроды 6 и 4 установки. В нижней части установки расположена емкость для сбора капель испытуемой жидкости. В качестве анода 6 использовался штуцер, изготовленный из медицинских игл с заводским обозначением G21 и G22. Игла обрезается ровно под прямым углом и таким образом получаем тонкий металлический штуцер для распыления топлива.

Методика эксперимента заключается в следующем: с помощью аналитических весов взвешивают пустую емкость, которую далее устанавливают под штуцером 6. Пробу исследуемого топлива помещают в блок подачи. Измерения начинают по стандартной сталагмометрической методике измерения коэффициента поверхностного натяжения, при нулевом потенциале высоковольтного блока модернизированного сталагмометра. Дальнейшие измерения проводят при различных значениях напряжения, подаваемого на электродную систему.

После сбора в емкости 19 определенного количества капель, исследуемое вещество взвешивалось и рассчитывался коэффициент поверхностного натяжения по следующей формуле:

$$\sigma = \frac{m \cdot g}{\pi \cdot d \cdot n}, \quad (3)$$

где m – масса исследуемого вещества, кг; g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; π – число Пи; d – диаметр штуцера, м; n – число капель исследуемого вещества в опыте; σ – коэффициент поверхностного натяжения, Н/м.

Заключение. Разработанная лабораторная установка на основе модернизированного сталагмометра, позволит получить значения коэффициентов поверхностного натяжения жидких топлив, в зависимости от напряженности электростатического поля. Полученные данные будут являться основой для проектирования электростатических форсунок используемых для диспергирования жидких топлив.

Список литературы

1. Френкель А. И. На заре физики / А. И. Френкель. – Л.: Наука, 1970. – 384 с.
3. Свинцов В. Я. Новый метод сжигания жидкого топлива в топочных устройствах котельных агрегатов / В. Я. Свинцов, Р. В. Муқанов // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. № 8. – С. 21-23.
2. Пажи Д. Г. Основы техники распыливания жидкостей / Д. Г. Пажи, В. С. Галустов. – М.: Химия, 1984. – 256 с.

УСЛОВИЯ ОПТИМАЛЬНОСТИ ФОРМЫ СОПЛА ГИДРОПУШКИ

Дмитрук Ю.В., Толстых В.К., д-р техн. наук, проф.
 ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
loktyushina.julia@yandex.ru

Широкое распространение импульсных технологий, основанных на применении струй жидкости высокого давления, привело к необходимости нахождения оптимальных параметров устройства в зависимости от цели его применения. Хорошо себя зарекомендовал прямой экстремальный подход [1] для практического решения оптимизационных задач с распределёнными параметрами. Он основан на алгоритмах поиска экстремума заданной цели оптимизации (функционала) на основе градиента цели.

Одной из установок, применяющихся для получения импульсных высоконапорных струй жидкости является гидропушка. В струе определяющую роль играет только высокоскоростной участок, импульс которого определяется формулой [2]:

$$J = \rho_0 \int_{t_1}^{t_2} uw^2 dt|_{x_b} \rightarrow \max. \quad (1)$$

Для описания процессов течения воды в сопле гидропушки обычно используют уравнения неразрывности, баланса импульса и состояния, описывающие гидродинамические процессы в которых жидкость считается невязкой и сжимаемой, течение – квазиодномерным и изоэнтропическим, влияние воздуха в сопле и деформации корпуса не учитывают [3]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + w \frac{\partial \rho}{\partial x} + \rho \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\rho w}{u} \frac{\partial u}{\partial x} &= 0, \\ \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{Bn\rho^{n-2}}{\rho_0^n} \frac{\partial \rho}{\partial x} + w \frac{\partial w}{\partial x} &= 0, \end{aligned} \right\} \text{ на } \Omega. \quad (2)$$

Здесь состояние системы характеризуется двумя компонентами $v = \{\rho, w\} \in L_2^m(\Omega)$, $m = 2$, т.е. они представляют собой двумерную вектор-функцию v в пространстве с интегрируемым квадратом. B, n – постоянные в уравнении состояния воды в форме Тэта.

Система двух уравнений (2) с первыми производными имеет два граничных условия. Слева на траектории поршня – это уравнение движения поршня $dw/dt = -pu/m_p$, которое с учётом уравнения состояния Тэта принимает вид:

$$\frac{dw}{dt} + \frac{uB}{m_p} \left(\left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^n - 1 \right) = 0, \quad \text{на } \Gamma_a. \quad (3)$$

На правой границе, взаимодействующей с атмосферой, мы имеем граничное условие:

$$\rho = \rho_0, \quad \text{на } \Gamma_{b0} \cup \Gamma_{b1}. \quad (4)$$

Начальные условия задаются в виде:

$$w = w_0, \quad \rho = \rho_0, \quad \text{на } \Gamma_0. \quad (5)$$

Распределённая система (2) на Ω совместно с краевыми условиями (3)-(5) на части $\partial\Omega$, определяют состояние системы $v \in V(\bar{\Omega})$, где пространство состояний $V(\bar{\Omega}) = L^2_2(\bar{\Omega})$, а замыкание $\bar{\Omega} = \Omega \cup \partial\Omega$.

Задача оптимального управления выстрелом гидропушки формулируется следующим образом. Необходимо найти профиль сопла $u(x) \in U(\bar{S})$, доставляющий максимум функционалу (1).

Для прямой максимизации целевого функционала $J(u)$, необходимо найти его градиент ∇J . Для определения градиента необходимо выписать главную линейную часть приращения целевого функционала $J(u)$. Это сделано посредством варьирования непосредственно функционала (1) и распределённой системы уравнений (2)-(5), описывающей течение воды в сопле.

Получаем:

$$\begin{aligned} -\frac{\partial f_1}{\partial t} - w \frac{\partial f_1}{\partial x} - \frac{Bn\rho^{n-2}}{\rho_0^n} \frac{\partial f_2}{\partial x} + \frac{w}{u} \frac{\partial u}{\partial x} f_1 &= 0, \\ -\frac{\partial f_2}{\partial t} - \rho \frac{\partial f_1}{\partial x} - w \frac{\partial f_2}{\partial x} + \frac{\rho}{u} \frac{\partial u}{\partial x} f_1 &= 0. \end{aligned} \quad (6)$$

На границах:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{m_p \rho_0^n w f_1}{u B n \rho^{n-1}} + \frac{m_p f_2}{u \rho} \right) + f_1 \rho + f_2 w = 0, \quad \text{на } \Gamma_a, \quad (7)$$

$$f_1 \rho + f_2 w = 0, \quad \text{на } \Gamma_{b0}, \quad (8)$$

$$f_1 \rho + f_2 w + 2\rho_0 u w = 0, \quad \text{на } \Gamma_{b1}, \quad (9)$$

$$f_1 = 0, \quad f_2 = 0, \quad \text{на } \Gamma_2. \quad (10)$$

Мы получили сопряжённую задачу в виде системы дифференциальных уравнений (6) с граничными (7)-(9) и «начальным» (10) условиями для расчёта сопряжённого состояния $f \in V^*(\bar{\Omega})$. Вся задача решается в обратном по времени направлении от терминального условия (10). Обыкновенное дифференциальное уравнение (7) на траектории поршня Γ_a также решается с «начальным» условием (10), которое вытекает из требования $\frac{m_p \rho_0^n w}{u B n \rho^{n-1}} f_1 + \frac{m_p}{u \rho} f_2 = 0$ при δw в угловой точке пересечения $\Gamma_a \cap \Gamma_2$.

При значении сопряжённой переменной f , удовлетворяющей (6)-(10), градиент целевого функционала – это

$$\nabla J(u; x) = \begin{cases} \bar{U}^* f = - \int_{\Gamma_{b0}}^{t_2} \left(\frac{\rho w}{u} \frac{\partial f_1}{\partial x} + \frac{1}{u} \frac{\partial \rho w}{\partial x} f_1 \right) dt + \int_{\Gamma_{b0}} \frac{\rho w}{u} f_1 dt \in U^*(S), \\ \bar{U}^* f = \rho_0 \int_{\Gamma_{b1}} \left(\frac{w}{u} \cdot + w^2 \right) dt \in U^*(x_b). \end{cases}$$

Таким образом, градиент определяется через решение линейной относительно f сопряжённой задачи (6)-(10). Эта задача имеет те же самые характеристики, что и исходная задача (2)-(5), поскольку собственные числа матриц A и A^T одинаковы. Однако решается сопряжённая задача в обратном по времени направлении (знак минус при производной $\partial f / \partial t$), что полностью согласуется с терминальным условием (10).

При этом необходимое условие оптимальности формы сопла гидропушки принимает вид:

$$\|\nabla J\|_{L_2(S \cup x_b)} = \int_S \nabla J^2(u_*; x) dx + \nabla J^2(u_*; x_b) = 0, \quad (11)$$

где u_* – площадь поперечного сечения сопла оптимальной формы. Данное условие может реализовываться с той или иной точностью различными численными бесконечномерными экстремальными методами. Есть одно существенное требование к подобным методам, они должны обладать равномерной на S сходимостью. Именно это условие может обеспечить сходимость u к оптимальному значению u_* за конечное число итераций. Для этого могут использоваться алгоритмы [4].

Список литературы

1. Толстых В. К. Прямой экстремальный подход для оптимизации систем с распределёнными параметрами / В.К. Толстых. – Донецк: Юго-Восток, 1997. – 178 с.
2. Атанов Г. А. Гидроимпульсные установки для разрушения горных пород / Г. А. Атанов. – К.: Вища школа, 1987. – 155 с.
3. Импульсные струи жидкости высокой скорости и их применение: монография / под общ. ред. Семко А. Н. – Донецк: ДонНУ, 2014. – 370 с.
4. Tolstykh V. K. Optimality Conditions and Algorithms for Direct Optimizing the Partial Differential Equations / V. K. Tolstykh // Engineering. – 2012. – 7. Vol. 4. – P. 390-393.

СПОСОБ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ТВЕРДЫХ И ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Соколов К.И., Подрухин А.А., Чуяшенко С.В.

ГБУ «Институт физики горных процессов», г. Донецк, РФ

ifgpdnr@mail.ru

Введение. Для измельчения твердых и хрупких материалов в настоящее время наряду с дробилками и мельницами, работающими по принципу раздавливания, используются установки ударного действия и различного рода истиратели, дезинтеграторы, а также центробежные, планетарные и вибромельницы. Как правило, конструктивные образцы оборудования и методы технологии остаются неизменными. Особые затруднения испытываются при переработке трудноразрушаемых твердых материалов. Так при измельчении абразивных материалов число последовательных стадий процесса достигает десяти, а износ металла на 1 т перерабатываемого материала достигает 20-25 кг, кроме того, удельный расход электроэнергии очень высокий [1]. Чтобы исключить засорения измельчаемого материала, уменьшить металлоемкость и энергозатраты, был разработан метод измельчения [2], основанный на разрушении зерен измельчаемого материала путем приложения высокого гидростатического давления без наличия мелющих тел.

Основная часть. Разрушение материалов под действием гидростатического давления возможно лишь в том случае, когда он является структурно неоднородным. В результате этого, приложенное ко всему образцу гидростатическое давление трансформируется в его объеме в неоднородное поле напряжений с отличным от нуля девиатором. По этой причине в объеме отдельных структурных элементов, составляющих материал, может достигаться предельное напряженное состояние, приводящее к их разрушению или пластической деформации.

По методу гидростатического измельчения [1-4] давлению подвергают порошковый материал, который, очевидно, является структурно-неоднородным, и получают условие измельчения, т.е. условие разрушения структурных элементов (в данном случае порошинок) при гидростатическом обжатии порошков.

Очевидно, в ходе процесса измельчения под действием гидростатического давления порошок будет уплотняться. Это означает, что напряженное состояние образца в целом должно удовлетворять условию пластичности порошкового материала. В случае гидростатического обжатия [4] условие имеет вид:

$$P = \sqrt{\psi(\theta) \cdot (1 - \theta)} \cdot (K + \alpha P), \quad (1)$$

где P – величина гидростатического давления, Па; K – коэффициент сдвигового сцепления; α – коэффициент внутреннего трения; (эти коэффициенты определяются по методике, изложенной в работе [3]); θ – пористость; $\psi(\theta)$ – некоторая функция пористости, которую, согласно [4], можно принять в виде:

$$\psi(\theta) = \frac{2}{3} \cdot \frac{(1-\theta)^3}{\theta}. \quad (2)$$

Согласно [5] при выполнении условия (1) величина $\bar{\tau} = K + \alpha P$ равна среднеквадратичному значению интенсивности девиатора напряжения в каркасе порошкового материала.

Предположим, что предельное состояние (текучесть или разрушение) отдельной порошинки наступает при выполнении условия Губера – Мизеса, записанного в виде:

$$\tau = \tau^*, \quad (3)$$

где τ – интенсивность девиатора напряжений; τ^* – предельные значения τ (для состояния текучести $\tau = \tau_T^*$; для разрушения $\tau = \tau_P^*$).

Очевидно, если $\bar{\tau} = \tau^*$, то уплотнение порошкового материала осуществляется путем проскальзывания порошинок и их относительных разворотов друг относительно друга. При уплотнении материала величина его пористости θ убывает, а давление P , необходимое для уплотнения, растет. Это приводит к возрастанию $\bar{\tau}$. Когда величина $\kappa \cdot \bar{\tau}$ достигает значения τ_T^* , произойдет смена механизма деформации материала. Здесь κ – коэффициент концентрации микронапряжений, который характеризует неоднородность их распределения.

Если $\tau_T^* < \tau_P^*$, то последующее уплотнение будет осуществляться за счет пластического течения порошинок, если же $\tau_T^* > \tau_P^*$, то при выполнении условия $\kappa \cdot \bar{\tau} = \tau_P^*$ начинается дробление порошинок.

Таким образом, условие начала процесса измельчения материала имеет вид следующей системы:

$$\begin{cases} \kappa(K + \alpha P) = \tau_P^* \\ \tau_T^* > \tau_P^* \end{cases}. \quad (4)$$

Исследования [5] показывают, что величина предела прочности частицы зависит от ее размера. Связано это с тем, что вероятность наличия дефектов, приводящих к разрушению, выше в частицах большего размера. Количественно масштабный эффект может быть описан степенной зависимостью, следующей из распределения Вейбула [6]:

$$\tau_P^* = \tau_{P0}^* \left(\frac{d_0}{d} \right)^{\frac{1}{\beta}}, \quad (5)$$

где d – размер частицы; τ_{P0}^* – значение τ_P^* для частиц с размером d_0 ; β – параметр формулы Вейбулла.

Для предела текучести также характерен масштабный эффект [6]. Однако, так как пластическая деформация (по сравнению с хрупким разрушением) обусловлена дефектами более низкого масштабного уровня,

то в первом приближении можно принять τ не зависящим от d . Подставляя (5) в (4) получаем условие начала процесса измельчения в следующем виде:

$$\begin{cases} \frac{P}{K} = \frac{1}{\alpha} \cdot \left(\frac{1}{\varkappa} \cdot \frac{\tau_{p0}^*}{K} \cdot \left(\frac{d_0}{d_m} \right)^{\frac{1}{\beta}} - 1 \right), \\ \frac{\tau_T^*}{\tau_{p0}^*} > \left(\frac{d_0}{d_m} \right)^{\frac{1}{\beta}} \end{cases}, \quad (6)$$

где d_m – максимальный размер частиц исходного порошка.

В ходе процесса гидростатического измельчения будут происходить дробление частиц и все более плотная упаковка обломков. Последнее означает снижение пористости образца θ и связанный с этим рост давления, необходимого для продолжения процесса. Связь между P и θ дается соотношением (1) в котором значения параметров K и α будут отличаться от тех значений, которые они имели до начала процесса измельчения. Величина α снизится, а K – увеличится. Связано это с включением нового механизма деформации порошковой среды – дроблением порошинок.

Таким образом, при $d < d_0 \left(\frac{\tau_{p0}^*}{\tau_T^*} \right)^\beta$ пластичность начнет существенно влиять на характер разрушения частиц. Экспериментальное подтверждение этого вывода можно найти в работе [5]. На начальной стадии процесса измельчения гранулометрический состав порошка во многом определяется исходным размером частиц. На заключительной стадии происходит сужение функции распределения частиц по размерам в районе d_{min} [5].

Заключение. Из работы следует, что охрупчивающие воздействия снижают τ_{p0}^* и уменьшают d_{min} . В качестве такого воздействия может служить, например, снижение температуры обработки материалов, использование поверхностно-активных веществ и других методов, применяемых при циклическом гидростатическом измельчении материала.

Список литературы

1. Ревнивцев В. И. Селективное разрушение минералов / В. И. Ревнивцев. – М.: Недра, 1988. – 266 с.
2. Соколов В. К. и др. Установка для тонкого циклического гидростатического измельчения материалов / Материалы XXVI Научной школы им. акад. С. А. Христиановича. – Алушта: 2016. – С. 179-182.
3. Штерн М. Б. Феноменологические теории прессования порошков / М. Б. Штерн. – Киев: Наукова думка, 1982. – 140 с.
4. Федорченко И. М. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения / И. М. Федорченко. – Киев: Наукова думка, 1985. – 485 с.
5. Уэствурд А., Пиккенс Дж. Применение разрушения / Под ред. Р. В. Гольдштейна. – М.: Мир, 1987. – С. 7-34.
6. Работнов Ю. Н. Механика деформируемого тела / Ю. Н. Работнов. – М.: Наука, 1979. – 744 с.

Стандартизация и метрология

УДК 006.057

ДЕФИНИТИВНЫЕ НОРМЫ И СТАНДАРТЫ НА КОНДИТЕРСКИЕ ИЗДЕЛИЯ

Демченко Е.А., канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»,
г. Москва, РФ
Demchenko.EA@rea.ru

Введение. Кондитерская продукция является важным сегментом рынка и одним из локомотивов современного российского экспорта. Повышение безопасности и качества кондитерских изделий, их конкурентоспособность зависят не только от технологического уровня производства, но и определяются уровнем требований, устанавливаемых нормативными документами [1–2]. Определение четких правил формирования современной базы стандартов обеспечивает создание необходимых условий для безбарьерной торговли на рынке стран ЕАЭС, способствует защите интересов покупателей и добросовестных производителей. Первоочередное значение принадлежит вопросам систематизации, упорядочению и унификации научно-технической терминологии [3–4].

Целью исследования является анализ и оценка принятой в кондитерской промышленности терминологии.

До 2010 года терминология в кондитерской промышленности была установлена в ГОСТ 17481-72 «Технологические процессы в кондитерской промышленности. Термины и определения». Стандарт утратил силу на территории Российской Федерации в части терминологии на кондитерские изделия и полуфабрикаты с введением ГОСТ Р 53041-2008 «Изделия кондитерские и полуфабрикаты кондитерского производства. Термины и определения», но продолжает действовать в качестве межгосударственного стандарта в странах ЕАЭК.

Анализ терминологический стандартов позволил установить качественные и количественные изменения формы и содержания зафиксированных нормированных терминологических единиц, что отражает усложнение понятийной структуры отрасли и расширение круга единиц, введение которых в стандарт становится необходимым (таблица).

Правила и порядок разработки стандарта на термины и определения, требования к стандартизованному термину и требования к определению приведены в Р 50.1.075-2011 «Рекомендации по стандартизации. Разработка стандартов на термины и определения», РМГ 19–96 «Рекомендации по основным принципам и методам стандартизации терминологии».

Количественные и качественные изменения терминологических стандартов

ГОСТ 17481-72	ГОСТ Р 53041-2008
Включает 109 терминов, из которых:	Включает 129 терминов, из которых:
- 12 терминов на основное и дополнительное сырье для производства кондитерских изделий	-
- 40 терминов на полуфабрикаты	- 71 термин на полуфабрикаты кондитерского производства
- 34 термина на технологические процессы	-
- 20 терминов (+4 термина введенные дополнительно) на кондитерские изделия;	- 58 терминов на кондитерские изделия (общие понятия);
- 3 термина на изменения, происходящие в кондитерских изделиях при хранении.	-
<i>Примеры изменения определений понятий</i>	
шоколад: Кондитерское изделие, изготовленное из шоколадной массы с начинкой или без нее	шоколад: Кондитерское изделие, получаемое на основе какао-продуктов и сахара, в состав которого входит не менее 35% общего сухого остатка какао-продуктов, в том числе не менее 18% масла какао и не менее 14% сухого обезжиренного остатка какао-продуктов.
пряничное кондитерское изделие: Мучное кондитерское изделие, изготовленное с добавлением химических разрыхлителей, пряностей, ароматизаторов, преимущественно глазированное сахарным сиропом.	пряничное изделие: Мучное кондитерское изделие разнообразной формы с выпуклой верхней поверхностью, с содержанием или без содержания пряностей, меда, с рисунком или без рисунка, с начинкой или без нее, глазированное или неглазированное, с массовой долей общего сахара не менее 24%, массовой долей влаги – не более 20%.
халва: Кондитерское изделие слоисто-волоконистой структуры в виде массы, состоящей из растертых обжаренных масляных ядер с находящимися в ней тонкими волокнами сбитой карамельной массы	халва: Сахаристое кондитерское изделие волокнисто-слоистой структуры, на основе сбитой с пенообразователем карамельной массы и растертых обжаренных ядер орехов, арахиса и (или) жиросодержащих семян, с добавлением или без добавления пищевых добавок, ароматизаторов, с массовой долей жира не менее 25 %

Давая оценку понятиям, установленным в ГОСТ Р 53041-2008 можно заключить, что в ряде случаев в процессе адаптации существующих определений произошло искажение объема понятий, введение не разграничивающих и неуместных характеристик (например определение *пряничное изделие*: «...с содержанием или без содержания пряностей, меда, с рисунком или без рисунка, с начинкой или без нее, глазированное или неглазированное...»), что перегружает определение, но не делает его более точным. Введение в определение кондитерских изделий физико-химических показателей обосновано только в случае, когда это препятствует фальсификации продукции, в том числе путем использования более дешевых видов сырья (как например в шоколаде или молочных

продуктах), но в этом случае в определении необходимо указывать не только количество жира, но и его вид (какао масло или сливочное масло).

Помимо терминологических стандартов терминологические статьи публикуются в разделе «Термины и определения» в стандартах на конкретную продукцию. При этом, должно соблюдаться условие: «если термин обозначает понятие, которое используется в нескольких стандартах, это понятие должно определяться в самом общем из этих стандартов и (в идеале) не должно переопределяться в других стандартах» п.6.2.4 ГОСТ Р ИСО 10241-1-2013.

В результате проведенного анализа установлено, что многие термины, представленные в ГОСТ Р 53041-2008, переопределяются в стандартах на конкретный вид продукции. В частности: термин *конфета*, *шоколадные конфеты «Ассорти»* в ГОСТ 4570-2014; термин *карамель* в ГОСТ 6477-2019; термин *ирис* в ГОСТ 6478-2014; термин *печенье* (в т.ч. *печенье сахарное, печенье затяжное, печенье сдобное*) в ГОСТ 24901-2014; термин *вафли* в ГОСТ 14031-2014; термин *пряничное изделие* в ГОСТ 15810-2014; термин *кекс* в ГОСТ 15052-2014; термин *мармелад* в ГОСТ 6442-2014; термин *пастильное изделие* в ГОСТ 6441-2014; термин *галета* в ГОСТ 14032-2017; термин *крекер* в ГОСТ 14033-2015.

Заключение. Требования к определению и результату-дефиниции в ГОСТ Р 53041-2008 не соответствуют п. 3.2 РМГ 19-96 по соразмерности, существенным признакам, системности, непротиворечивости и краткости, устаревшая терминологическая система должна быть заменена новой, сформированной с учетом современных принципов стандартизации и терминования. Представленные результаты свидетельствуют о необходимости упорядочения и гармонизации научно-технической терминологии на кондитерские изделия во всем комплексе национальных и международных стандартов.

Список литературы

1. Тугачева Л. В. Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности в России / Л. В. Тугачева, О. С. Капнинова // Индустриальная экономика. – 2021. – №3, – С. 45-52. –DOI 10.47576/2712-7559_2021_3_3_45.
1. Шалае А. П. Стандартизация – важный инструмент противостояния внешним угрозам / А. П.Шалаев // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Стандарты и качество. – 2021. – No 2. – С. 6–13.
2. Голиков И. О. Дефинитивные нормы и национальные стандарты / И. О. Голиков, Б. К. Гранкин // Стандарты и качество. – 2021. – No 6. —С. 19-23.
3. Макеева И. А. Формирование национальной терминологической системы молочной продукции / И. А. Макеева, Н. С. Пряничникова, Н. В. Стратонова // Молочная промышленность. – 2021. – №3. – С. 13-16. – DOI: 10.31515/1019-8946-2021-03-13-16

ВНЕДРЕНИЕ ГОСТ Р ИСО 9001–2015 КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОСТИНИЧНОГО ХОЗЯЙСТВА

Дорошенко В.Р., Фоменко С.А.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
s.fomenko@donnu.ru

Введение. Современное гостиничное хозяйство - это составная часть индустрии гостеприимства, крупная отрасль, играющая заметную роль в экономике и развитии многих стран. Гостиничное хозяйство может создать дополнительные рабочие места, улучшить инфраструктуру, обеспечить поступления налогов в местный и государственный бюджет.

Для Донецкой Народной Республики важным моментом является увеличение числа иностранных граждан, пользующихся услугами гостиниц. Из данного пожелания следует необходимость учитывать не только национальное законодательство, но и международные требования к гостиничному хозяйству.

Основная часть. Для успешного руководства и управления организацией необходимо, чтобы менеджмент осуществлялся систематически и наглядным способом. Успех должен быть результатом внедрения и поддержания в рабочем состоянии системы менеджмента, спроектированной для постоянного улучшения деятельности посредством акцентирования внимания на запросы всех заинтересованных сторон.

Ключевым аспектом менеджмента является обеспечение наглядности (прозрачности) объекта (организации или системы) – его точного, достаточного, лаконичного, удобного для восприятия и анализа описания.

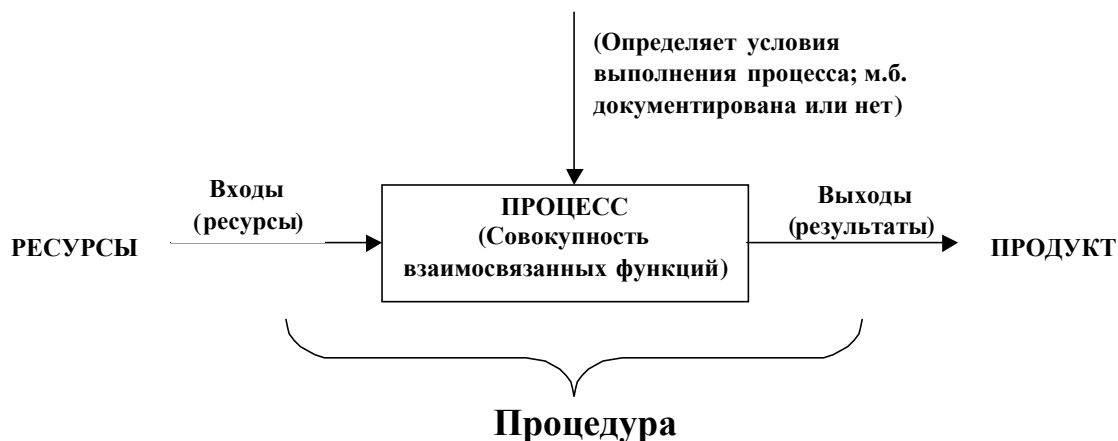
Для сложных систем, к которым можно отнести и системы менеджмента качества, практически невозможно получить одно единственное описание, отвечающее на все вопросы с точки зрения руководства и управления.

Согласно стандарту ISO 9000:2000, процесс – это «совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности, преобразующая входы в выходы».

В стандарте приведено следующее схематическое представление процесса (рис. 1).

Входы и выходы процесса могут быть как материальными, так и нематериальными (например, информационными) объектами. Примерами входов и выходов являются: оборудование, материалы, компоненты, энергия, информация, финансовые ресурсы, документы, услуги и т.п.

Применение в организации системы процессов, наряду с их идентификацией и взаимодействием, а также менеджмент процессов могут считаться «процессным подходом».



(Возможности контроля и измерения до, во время и после процесса)

Рис. 1. Схематическое представление процесса

Преимущество данного процессного подхода заключается в «тотальном управлении, которое охватывает как отдельные процессы внутри системы процессов, так и их комбинации и взаимодействия. Причем, очень существенна непрерывность управления, которую процессный подход обеспечивает на стыке между отдельными процессами в рамках системы процессов, а также при их комбинации и взаимодействии (рис. 2).

Стандарт ISO 9001:2015 усиливает концепцию процессного подхода, которая легла в основу предшествующих версий.

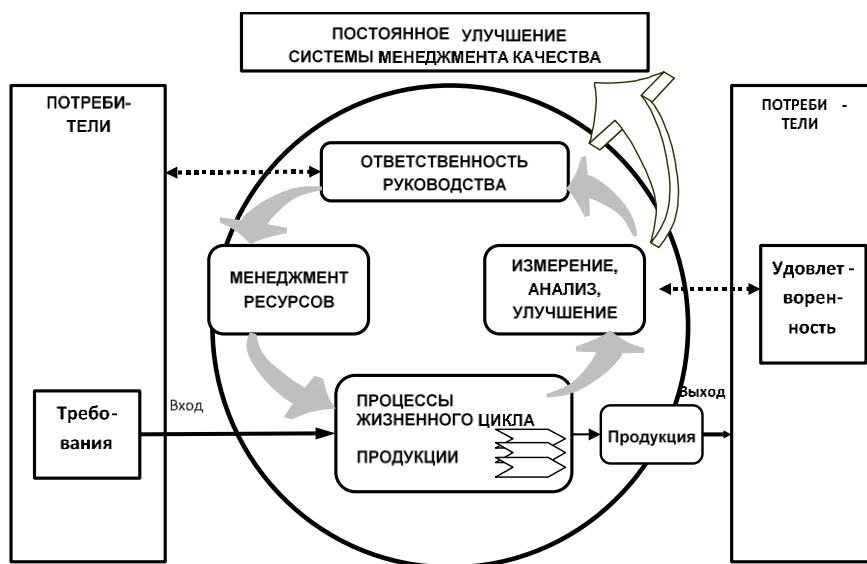


Рис. 2 Схема постоянного улучшения на базе процессного подхода

Особое внимание уделяется тому, как выстроить логическую последовательность процессов и преобразовать ключевые элементы, входящими в процесс, в ожидаемые на выходе результаты.

Одной из самых больших проблем управления отечественными гостиничными предприятиями является отсутствие стратегического

планирования работы объекта и неверное представление об оценке эффективности работы предприятия исключительно на финансовых показателях, ориентированное лишь на краткосрочную прибыль.

Заключение. Разработка, внедрение и сертификация системы управления качеством гостиничных услуг на соответствие ГОСТ Р ИСО 9001–2015 позволит провести изучение предложений на рынке консалтинговых услуг в области менеджмента качества Донецкой Народной Республики. Выбрать партнера, имеющего опыт внедрения и сертификации ГОСТ Р ИСО 9001 – 2015 в сфере гостиничного хозяйства. Наметьте минимальный объем бизнес-процессов, подлежащих управлению, а также оптимальный объем документации системы. Акцентировать внимание на преимуществах, которые дает работа над системой управления. Определить Политику в области качества, цели и задачи в области качества. Разработать шаблоны корпоративных стандартов (политик, инструкций, положений, положений о подразделениях, должностных инструкций) удовлетворяющих требованиям ГОСТ Р ИСО 9001 - 2015. Повести идентификацию основных процессов предприятия, областей ответственности, прав и полномочий, составить реестр документации, внести в положения об отделах и должностные инструкции персонала обязанности знать и выполнять требования системы управления качеством гостиничных услуг. Создать эффективную модель процессов со специалистами предприятия.

Разработанный алгоритм, позволяет уменьшить погрешности, возникающие вследствие нелинейности градуировочной характеристики (погрешность первого типа) и асимметричной реакции термоанемометрического преобразователя на изменение скорости потока (погрешность второго типа).

Список литературы

1. Международный стандарт ISO 9000:2000. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. 2-е изд. 2004-03-23.
2. Международный стандарт ISO 9001:2000. Системы менеджмента качества. Требования. 3-е изд. 2004-07-09.
3. Международный стандарт ISO 9004:2000. Системы менеджмента качества. Руководство по улучшению деятельности. 2-е изд. 2004-07-08.
4. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования.
5. Самойлова Е. А. Политика в области качества как инструмент повышения конкурентоспособности в сфере гостеприимства / Е. А. Самойлова // Вестник Академии. Вопросы теории и практики. – 2009. – №3. –С. 48-49.

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОГО ОБРАЩЕНИЯ ПАРФЮМЕРНО-КОСМЕТИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ НА РЫНКЕ г. ДОНЕЦКА

Куделина А.М.

ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского», г. Донецк, РФ
ert83@mail.ru

В условиях технического регулирования вопросам безопасности продукции уделяется первоочередное внимание. Особую актуальность при этом приобретает безопасность и безвредность продукции, непосредственно контактирующей с телом человека. Ассортимент парфюмерно-косметической продукции (далее – ПКП) широк и разнообразен, для производства которой, наряду с натуральными компонентами используется огромное количество синтетических веществ, многие из которых могут причинить вред потребителю. В следствии чего, требования к ПКП, по безопасному обращению на рынке г. Донецка, повышаются. При этом, задачами выработанных требований, является защита жизни и здоровья потребителей ПКП. Поставленные задачи решаются мерами технического регулирования.

Техническое регулирование – правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, а также в области установления и применения на добровольной основе требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг и правовое регулирование отношений в области оценки соответствия [1].

Техническое регулирование безопасного обращения ПКП на территории Донецкой Народной Республики, обеспечивается согласно части 2 статьи 86 Конституции Донецкой Народной Республики и Постановления Совета Министров Донецкой Народной Республики «О применении законов на территории ДНР в переходный период» № 9-1 от 02.06.2014. В сфере технического регулирования в Донецкой Народной Республике действуют следующие нормативные и правовые документы: Декрет КМУ «О стандартизации и сертификации» № 46-93 от 10.05.1993; ЗУ «О стандартах, технических регламентах и процедурах оценки соответствия» № 3164-IV от 1.12.2005; ЗУ «О подтверждении соответствия» № 2406-III от 17.05.2001; Указ Главы Донецкой Народной Республики от 13.06.2018 № 179 «О государственной системе технического регулирования (стандартизации, сертификации) и обеспечения единства

измерений (метрологии)»; Приказ № 119 от 01.08.2018 «О назначении уполномоченного субъекта хозяйствования»; Приказ № 1 от 16.01.2017 «О создании Системы добровольной сертификации «Стандарт Донбасса»».

В современных реалиях, избранный курс Донецкой Народной Республики (далее – ДНР) направлен на гармонизацию собственного законодательства с законодательством Российской Федерации в области технического регулирования. Таким образом, техническое регулирование ПКП на территории ДНР обеспечивается техническим регламентом ТР ТС 009/2011 «О безопасности парфюмерно-косметической продукции» [2], который устанавливает требования безопасности.

Безопасность ПКП обеспечивается совокупностью требований: к составу; к физико-химическим показателям; к микробиологическим показателям; к содержанию токсичных элементов; к токсикологическим показателям; к клиническим (клинико-лабораторным) показателям; к производству; к потребительской таре; к маркировке. К ТР ТС прилагаются два перечня стандартов: Перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований регламента и Перечень стандартов, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований регламента.

Лабораторные исследования ПКП выполняются по определённому алгоритму, что обусловлено методическими особенностями и требованиями безопасного проведения испытаний, а также экономической целесообразностью. Порядок проведения испытаний в общем виде проводится следующим образом:

- 1) изучение и анализ сопроводительной документации и маркировки образцов ПКП;

- 2) контроль микробиологической чистоты представленных образцов ПКП (посевы изучаемого материала проводятся исключительно из упакованных образцов, не подвергавшихся вскрытию или внешнему воздействию);

- 3) определение физико-химических показателей.

В процессе проведения лабораторных испытаний, при условии, что на любом из этапов получены достоверные результаты, на основании которых можно утверждать, что ПКП не несёт в себе угрозу для жизни и здоровья потребителя, составляется протокол испытаний.

Важно понимать, что в технических регламентах содержатся исключительно требования к безопасности продукции и их соблюдение является обязательным, однако на рынке ПКП представлен широкий выбор косметических средств большого количества производителей, соответственно конкуренция на рынке крайне велика. По этой причине многие организации решаются на проведение добровольной сертификации, с целью увеличения спроса и потребительского доверия к своей продукции.

Основной целью добровольной сертификации является подтверждение эффективности ПКП путём проведения клинических испытаний, что позволит ей выглядеть более привлекательной для потребителя.

С целью проведения единой добровольной сертификации на всей территории Донецкой Народной Республики, специалистами Министерства промышленности и торговли Донецкой Народной Республики и сотрудниками ГП «Донецкстандартметрология», разработана система добровольной сертификации качества товаров и услуг – «Стандарт Донбасса». Система обеспечивает проведение добровольной сертификации ПКП и является открытой для участия в ней юридических и физических лиц, осуществляющих предпринимательскую деятельность, зарегистрированных как субъекты хозяйствования в соответствии с законодательством Донецкой Народной Республики. Главной целью системы сертификации «Стандарт Донбасса», является стимулирование потребительского спроса на товары, произведенные отечественными предприятиями, их комплексное продвижение путем информирования потребителей, создание положительного имиджа продукта, а также создание устойчивой ассоциации между качеством продукции и Знаком системы добровольной сертификации «Стандарт Донбасса».

Таким образом, техническое регулирование безопасного обращения парфюмерно-косметической продукции на рынке г. Донецка прямо пропорционально развитию экономики республики. При этом роль и принципы технического регулирования в условиях формирования и становления экономики Донецкой Народной Республики должны быть адекватны происходящим переменам, а также соответствовать международной практике.

Список литературы

1. Техническое регулирование и метрология: краткий курс лекций для студентов специальности (направления подготовки) 27.04.01 «Стандартизация и метрология» / Сост.: Дедух А. А. // ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2015. – 79 с.
2. Технический регламент Таможенного союза 009/2011. О безопасности парфюмерно-косметической продукции. – Утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 23.09.2011 № 799. – 246 с.
3. Графушин Р. В. Система подтверждения соответствия парфюмерно-косметической продукции в РФ / Р. В. Графушин, А. Ю. Петракова, С. Г. Комарова // Успехи в химии и химической технологии. 2020. №3 (226). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-podtverzhdeniya-sootvetstviya-parfyumerno-kosmeticheskoy-produktsii-v-rf> (дата обращения: 13.09.2022).

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ

Пометун Е.Д., канд. техн. наук, *Лебедев В.Н.*
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
e.pometun@donnu.ru

Введение. Для контроля температуры и скорости газового потока в АСНИ в качестве первичных преобразователей широко применяются термопреобразователи, в частности, термоанемометрические преобразователи, на основе NTC-термисторов. К данным датчикам в составе измерительной системы предъявляются особые требования: малая инерционность, быстроедействие и точность. Применяемые в настоящее время алгоритмы обработки выходных данных термоанемометрических преобразователей не соответствуют современным требованиям по точности получения измерительной информации.

Основная часть. Анализ работ показывает, что для получения требуемого уровня точности параметров нестационарных процессов, например, температуры и скорости газового потока, необходимо учитывать не только статические, но и динамические характеристики первичных преобразователей, входящих в состав АСНИ. При этом инерционность датчиков является сложной функцией, зависящей от нескольких переменных. Игнорирование этого фактора может привести к выходу автоматизированной системы на критический режим работы или к значительным погрешностям.

В данной статье приводится описание элемента АСНИ, выполняющего сбор и анализ параметров нестационарных газовых потоков путем учета динамических характеристик термоанемометрических преобразователей. С этой целью выполнена разработка алгоритма обработки выходных данных термоанемометра постоянной температуры в динамическом режиме работы, программная реализация которого, позволяет уменьшить погрешности, возникающие вследствие нелинейной зависимости от физических параметров и асимметричной реакции термоанемометрического преобразователя на изменение скорости потока [1].

В процессе исследований были выявлены источники погрешностей, возникающие при измерении скорости с помощью термоанемометрического преобразователя в нестационарных газовых потоках. Они были условно разделены на два типа: первого типа – возникающие при использовании некорректных алгоритмов обработки, второго – вследствие асимметрии реакции датчика на динамические процессы нагрева и охлаждения, вызванные изменением скорости потока.

Для уменьшения погрешностей первого и второго типов был разработан и реализован алгоритм, позволяющий уменьшить их влияние на результаты измерения [2-3]. Структура алгоритма построена таким образом, что предварительно выполняется исключение погрешности первого типа так, что среднее значение скорости вычисляется после определения мгновенной скорости. Далее выходной сигнал проходит через канал с перестраиваемой полосой пропускания, согласующей длительности переднего и заднего фронтов, чем достигается уменьшение погрешности второго типа. Необходимо отметить, что такая коррекция осуществляется на современной базе с использованием программных и технических средств, позволяющих выполнять вычисление физических величин в реальном масштабе времени [3].

Заключение. Разработанный алгоритм, позволяет уменьшить погрешности, возникающие вследствие нелинейности градуировочной характеристики (погрешность первого типа) и асимметричной реакции термоанемометрического преобразователя на изменение скорости потока (погрешность второго типа).

Список литературы

1. Пометун Е. Д. Оценка погрешности измерения средней скорости с помощью термоанемометра в высокотурбулентных газовых потоках / Е. Д. Пометун, Н. И. Болонов, В. В. Белоусов, В. Н. Лебедев, П. С. Гелашвили // Известия ЮФУ. Технические науки. – Ростов – на Дону: ЮФУ, 2019. – № 6 (208). – С. 133-144. – DOI: 10.23683/2311-3103-2019-6-133-144.
2. Пометун Е. Д. Обработка выходного сигнала термоанемометра постоянной температуры в реальном масштабе времени с использованием программного обеспечения NI LabView / Е. Д. Пометун, А. В. Васильева, Н. И. Болонов, В. Н. Лебедев // Сб. Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы IV Международной научной конференции (Донецк, 31 октября 2019 г.). – Том 1: Физико-математические и технические науки. Часть 2 / под общей редакцией проф. С. В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2019. – С. 43-45. – ISSN: 2664 – 7370.
3. Пометун Е. Д. Алгоритм обработки выходного сигнала термоанемометров постоянного тока и постоянной температуры / Е. Д. Пометун // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. – Донецк: ДонНУ, 2019. – № 4. – С. 3-10. – ISSN: 2663-4228.

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ВЫСОКООМНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПОСТОЯННОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Щелко Н.С., д-р техн. наук, доц.

ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза

С.М. Буденного», г. Санкт-Петербург, РФ

nikolsp@mail.ru

Измерения важнейших характеристик высокоомных материалов, в частности, диэлектриков – низкочастотного значения диэлектрической проницаемости $\epsilon_{нч}$ и их удельного сопротивления ρ в постоянном электрическом поле (ЭП), представляют большой интерес, особенно при эксплуатации этих материалов на постоянном электрическом напряжении. Это обусловлено тем, что при исследованиях в постоянном ЭП оказывается возможным отследить медленно протекающие процессы [1-3]. Эти процессы в разупорядоченных диэлектриках не всегда могут быть отслежены при использовании сертифицированных приборов для измерения рассматриваемых величин т.к., как правило, работа этих приборов связана с использованием переменного напряжения.

Разработанное в настоящей работе измерительное устройство основано на использовании переходного процесса в последовательно соединённых конденсаторах, одним из которых является исследуемый образец, а другим – конденсатор с известными параметрами, подсоединенный между затвором и истоком полевого транзистора. В начальный момент времени при подаче напряжения на эти последовательно соединённые конденсаторы напряжение на них установится в соответствии со значениями их емкостей, а через некоторое время переходного процесса – в соответствии со значениями их сопротивлений. Для измерения напряжения на образце использовался полевой МДП транзистор [4] с исключительно малым током утечки (менее 0,001 нА) по входу (затвор – исток), что при рабочих напряжениях порядка десятков Вольт соответствует входному сопротивлению 10^{12} - 10^{14} Ом. Такое большое сопротивление позволяет, путём измерения напряжения на входе транзистора, определять емкость и сопротивление исследуемого образца, включенного последовательно с входным электродом (затвором) транзистора. При этом о напряжении на входе транзистора можно судить по току в цепи исток-сток транзистора.

Изменение во времени измеряемого на входе транзистора напряжения описывается выражением [2,4]:

$$U_{\text{тр}} = \left(U - \left[\left(\frac{C}{C+C_{\text{обр}}} - \frac{R_{\text{обр}}}{R_{\text{тр}}+R_{\text{обр}}} \right) \cdot \exp \left(- \frac{(R_{\text{тр}}+R_{\text{обр}})}{(C+C_{\text{обр}})R_{\text{тр}}R_{\text{обр}}} t \right) + \frac{R_{\text{обр}}}{R_{\text{тр}}+R_{\text{обр}}} \right] U \right), \quad (1)$$

где U – напряжение питания схемы, $U_{\text{тр}}$ – напряжение на транзисторе, $R_{\text{обр}}$ – электрическое сопротивление образца, $R_{\text{тр}}$ – электрическое входное сопротивление транзистора, C – известная емкость конденсатора с малыми токами утечки вместе с входной емкостью транзистора (последняя обычно пренебрежимо мала), $C_{\text{обр}}$ – электрическая емкость образца, t – время.

Как следует из решения (1), переходный процесс для высокоомных материалов может быть достаточно длительным – до нескольких часов. Однако приведенное выражение зависимости напряжения на входе транзистора от времени позволяет найти сопротивление образца и его емкость, не дожидаясь окончания переходного процесса: для этого достаточно измерить значения $U_{\text{тр}}$ в два различных момента времени t_1 и t_2 . Тогда, решая соответствующую систему уравнений из двух уравнений, можно определить две неизвестных – $C_{\text{обр}}$ и $R_{\text{обр}}$ и, зная геометрические размеры образца, пересчитать их соответственно в $\epsilon_{\text{НЧ}}$ и ρ .

Для реализации этой процедуры разработана программа для ЭВМ [5]. На рис. приведен скрин экранной формы соответствующего интерфейса для определения $\epsilon_{\text{НЧ}}$ и ρ на примере результатов, полученных для одного из образцов бериллиевой керамики.

Исходные данные:

Стр (Ф):	2,2000E-08	S (м2):	0,0002529
Rтр (Ом):	1,5531E+11	d (м):	0,00195
U (В):	12		
Uтр1 (В):	0,0046		
Uтр2 (В):	0,0132		
T1 (с):	0,0		
T2 (с):	3600		

Погрешности прямых измерений:

Δ T (с):	1,0000E+00
Δ U (В):	1,0000E-04
Δ Uтр (В):	1,0000E-04
Δ d (м):	5,0000E-05
Δ S (м2):	1,0000E-06

Предполагаемый диапазон значений:

Rобр (Ом):	от 1,0000E+9	до 1,0000E+16
Cобр (Ф):	от 1,0000E-13	до 1,0000E-07

Результаты:

Cобр (Ф):	8,4366E-12
Rобр (Ом):	1,0457E+14
ε	7,3504E+00
ρ (Ом м):	1,3562E+13
Δ Rтр:	8,1391E+07
Δ Cобр:	7,0191E-15
Δ Rобр:	8,7147E+10
Δ ρ (Ом м):	3,5205E+11
Δ ε	1,9080E-01

Рис. Экранная форма интерфейса для определения диэлектрической проницаемости и удельного сопротивления высокоомных материалов

В разработанной программе также заранее рассчитываются на основе предварительных измерений входное сопротивление транзистора с подсоединенным к нему известным конденсатором C (столбец «Исходные данные») и погрешность косвенных измерений искомых величин.

Полученные в результате измерений и последующих расчетов по программе данные $\epsilon_{нч}$ и ρ хорошо соответствуют справочным данным для бериллиевой керамики. Значения погрешности определения искомых величин $\Delta\epsilon$ и $\Delta\rho$, рис., при этом находится обычно на уровне сотых долей и может быть уменьшено при задании более высокой точности прямых измерений.

Проведенные эксперименты показали, что измерение диэлектрической проницаемости в постоянном ЭП является более информативным для контроля структурно-зависимых свойств материала, чем при стандартном использовании переменного ЭП для подобных измерений. Для одних и тех же образцов исследованных образцов керамики в постоянном ЭП диэлектрическая проницаемость изменялась в диапазоне от 7,4 до 11,7, т.е. в 1,58 раз, в то время как в СВЧ-диапазоне – от 5,2 до 6,2, т.е. в 1,19 раз.

Список литературы

1. Ганибалов А. А. Комплексное исследование диэлектрических и физико-механических свойств реальных керамических микроизделий / А. А. Ганибалов, Г. М. Марчук, Н. С. Пщелко и др. // Дефектоскопия. – 1989. – №7. – С. 49-52.
2. Пщелко Н. С. Электрофизические методы неразрушающего контроля и формирования металлодиэлектрических структур. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербургский государственный горный университет. – Санкт-Петербург, 2011
3. Пщелко Н.С. Физические основы методов диагностики и управления свойствами металлодиэлектрических структур оксидных конденсаторов / Н. С. Пщелко, С. Д. Ханин, С. А. Немов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. «Информатика, телекоммуникации, управление». – 2011. – №1. – С. 167-172.
4. Пщелко Н. С. Использование полевых транзисторов для контроля характеристик диэлектриков / Н. С. Пщелко, А. С. Мустафаев // Записки Горного института. – 2010, Т. 187. – С. 125-131.
5. Программа для определения диэлектрической проницаемости и удельного сопротивления высокоомных материалов / Т. Р. Акчурин, Н. С. Пщелко, Е. Г. Водкайло // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015661225. Оpubл. 20.11.2015

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАСЛА СЛИВОЧНОГО ПО МАРКИРОВОЧНЫМ ДАННЫМ

Шкарубина А.А.

ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского», г. Донецк, РФ
shkarubina1999@mail.ru

Масло сливочное является ценным пищевым продуктом, поскольку характеризуется высокой энергетической ценностью, хорошей усвояемостью, содержанием жирорастворимых (А, D, E) и водорастворимых (В1, В2, С) витаминов.

Поскольку масло сливочное – продукт востребованный, оно считается и одним из часто фальсифицируемых продуктов. Наиболее распространенной ассортиментной фальсификацией масла сливочного является подмена масла сливочного высшего сорта (имеющего 82,5 % молочного жира) на первый (имеющего только 80,0 % или 72,5 % молочного жира), либо вовсе частичная или полная замена его маргарином или другим гидрогенизированным жиром.

В соответствии с ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» масло сливочное – масло из коровьего молока, в котором массовая доля жира составляет не менее 50 % [1].

Согласно ГОСТ Р 52176-2003 «Продукты маслоделия и сыроделия. Термины и определения» масло сливочное – масло из коровьего молока с массовой долей жира от 50,0 % до 85,0 % включительно, представляющее собой дисперсную систему «вода в жире» [2].

В свою очередь ГОСТ Р 52738-2007 «Молоко и продукты переработки молока. Термины и определения» дает следующее определение маслу сливочному – масло из коровьего молока, массовая доля жира в котором составляет от 50 % до 85 % включительно [3].

В соответствии с ГОСТ 32261-2013 «Масло сливочное. Технические условия» масло изготавливают в следующем ассортименте [4]:

- сладко-сливочное и кисло-сливочное, несоленое и соленое – Традиционное;
- сладко-сливочное и кисло-сливочное, несоленое и соленое – Любительское;
- сладко-сливочное и кисло-сливочное, несоленое и соленое – Крестьянское.

Главным отличительным признаком масла сливочного перечисленных наименований является соотношение его двух компонентов – молочного жира и влаги: Традиционное – массовая доля жира не менее

82,5 %; Любительское – не менее 80,0 %; Крестьянское – не менее 72,5 %.

Объектами идентификации стали образцы масла сливочного «Крестьянское», реализуемого на внутреннем рынке города Донецка, торговых марок «Милкавита», «Чабан», «Золото Полесья».

Анализ маркировочных данных образцов масла сливочного осуществлен на основании требований ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» (табл. 1).

Таблица 1

Маркировочные данные образцов масла сливочного

Показатель	Образцы масла сливочного		
	№ 1 ТМ «Милкавита»	№ 2 ТМ «Чабан»	№ 3 ТМ «Золото Полесья»
Наименование продукта	Масло сладко-сливочное несоленое «Крестьянское»	Масло сладко-сливочное несоленое «Крестьянское»	Масло сладко-сливочное несоленое «Крестьянское»
Сорт	Высший	Высший	Высший
Массовая доля жира	72,5 %	72,5 %	72,5 %
Торговая марка	«Милкавита»	«Чабан»	«Золото Полесья»
Масса нетто	180 г	180 г	180 г
Пищевая ценность	белки – 0,8; жиры – 72,5; углеводы – 1,3	белки – 1,0; жиры – 72,5; углеводы – 1,4	белки – 0,8; жиры – 72,5; углеводы – 1,3
Энергетич. ценность	661 Ккал	662 Ккал	661 Ккал
Состав продукта	высокожирные пастеризованные сливки	пастеризованные сливки	пастеризованные сливки коровьего молока
Сведения о наличии ГМО	без ГМО	без ГМО	без ГМО
Срок годности и условия хранения	при t-ре -(16±2)°С и относит. влажн. не более 90% – 120 суток, После вскрытия упаковки продукт хранить при t-ре (3±2)°С		
Дата изготовления	10.09.2022	08.09.2022	14.09.2022
Обозначение норм. док-та	СТБ 1890	ГОСТ 32261-2013	ТИ ВУ 200106617.019
Информация о подтв. соотв.	ЕАС	ЕАС	ЕАС
Штриховой код	нанесен	нанесен	нанесен
Производитель	ОАО «Милкавита»	ООО «НМК»	ОАО «Луинец. МЗ»

Все образцы масла сливочного упакованы в кашированную фольгу, упаковка целая, не деформированная, обеспечивает сохранность продукта.

Как видно из таблицы 1, маркировка всех образцов масла сливочного содержит краткую характеристику продукта, полную информацию о рецептурном и химическом составе, массе нетто, условиях и сроках

хранения, а также обозначение документа, в соответствии с которым продукция произведена и может быть исследована на предмет соответствия установленным нормам, штриховой код и информацию о подтверждении соответствия (ЕАС).

Исследование маркировки образцов масла сливочного различных производителей позволило сделать вывод о полноте предоставления потребительской информации для покупателей во всех образцах.

Результаты идентификации образцов масла сливочного по маркировочным данным представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты идентификации образцов масла сливочного по маркировочным данным

Данные маркировки	Образцы масла сливочного		
	№ 1 ТМ «Милкавита»	№ 2 ТМ «Чабан»	№ 3 ТМ «Золото Полесья»
Наименование продукта	Масло сладко-сливочное несоленое	Масло сладко-сливочное несоленое	Масло сладко-сливочное несоленое
Сорт	Высший	Высший	Высший
Сведения о составе	пастеризованные сливки	пастеризованные сливки	пастеризованные сливки
Массовая доля молочного жира	72,5 %	72,5 %	72,5 %
Образец идентифицирован как	масло сливочное «Крестьянское»	масло сливочное «Крестьянское»	масло сливочное «Крестьянское»

Таким образом, результаты анализа маркировочных данных позволили идентифицировать все исследуемые образцы как «масло сладко-сливочное несоленое «Крестьянское»».

Список литературы

1. Технический регламент Таможенного союза 033/2013.О безопасности молока и молочной продукции. – Утвержден Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 09.10.2013 № 67 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://docs.cntd.ru/document/499050562> (20.09.2022)
2. ГОСТ Р 52176-2003. Продукты маслоделия и сыроделия. Термины и определения. – Введ. 2019-12-29 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/3983/> (20.09.2022)
3. ГОСТ Р 52738-2007. Молоко и продукты переработки молока. Термины и определения. – Введ. 2007-07-18 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/951> (20.09.2022)
4. ГОСТ 32261-2013. Масло сливочное. Технические условия. – Введ. 2013-11-14 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/55947> (20.09.2022)

Прикладная экология

УДК 504.54

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИДОРОЖНОЙ ПОЧВЫ ЧЕРВОНОГВАРДЕЙСКОГО РАЙОНА ГОРОДА МАКЕЕВКИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА ПРИМЕРЕ ЦИНКА И МЕДИ

Анохина Е.Ю., Медведев В.Н., д-р техн. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, РФ
ekaterinaanoxina1991@mail.ru

Введение. На современном этапе развития человеку для пропитания, одежды, отдыха необходимо 3 га земли, среди которых 0,5 га – пахотные. В условиях резко возрастающего процесса урбанизации наблюдается уменьшение «свободного» пространства, особенно в пределах больших индустриально-промышленных городов, к которым относится Макеевка. Среднее значение этого показателя в Макеевке составляет всего лишь 0,11 га/чел. Несмотря на то, что в Червоногвардейском районе он почти в 3 раза больше и достигает 0,31 га/чел., однако это в 10 раз меньше нормы, т. е. для населения Макеевки почва – настоящее богатство, требующее охраны и защиты [1]. В связи с военными действиями и прекращением производственной деятельности практически всех мощных предприятий-загрязнителей основным источником загрязнения окружающей среды города является автотранспортный комплекс (АТК), автомобильный парк которого – главный «поставщик» тяжелых металлов (ТМ), в т.ч. и в почву.

Основная часть. Почвы играют базисную роль в устойчивом развитии экосистем и функционировании биосферы [2]. Благодаря наличию гумуса, почвенный покров способен обеспечивать процессы аккумуляции, миграции и обмена, эффективно связывать и выводить за пределы зоны питания растений токсичные и невостребованные данным видом растений вещества, выполняя функции биологического поглотителя, разрушителя и нейтрализатора загрязнителей различного вида, в т.ч. и тяжелых металлов. Многие ТМ способны накапливаться в почвах в виде растворимых и нерастворимых комплексов, образуя локальные участки с повышенным содержанием того или иного металла, но чаще всего наблюдается полиэлементный качественно-количественный состав.

В научной литературе много сведений о влиянии ТМ на изменение физико-химических свойств почв и, как следствие, на произрастание различных видов растений [3]. Являясь токсичными элементами, тяжелые металлы представляют группу микроэлементов, необходимых как для растений и почвенных микроорганизмов, так и для человека. В организм человека они, чаще всего, поступают по схеме: почва → растение →

человек, поэтому проблема «ТМ и почва» требует более углубленных и расширенных исследований по влиянию ТМ на каждое звено схемы [4].

С точки зрения экологической безопасности качественный состав ТМ также может быть опасен в связи с тем, что присутствие двух металлов может способствовать активации или угнетению токсического действия одного из них. В отдельных случаях суммарное содержание ТМ может вызывать положительное или негативное воздействие на растения и микроорганизмы почвенного покрова.

В настоящей статье представлены результаты контроля содержания меди и цинка в образцах придорожных почв улиц Победы и Коккинаки Червоногвардейского района города Макеевки.

По степени опасности для почвенных экосистем цинк относится к I классу высокоопасных ТМ, а медь – к металлам II класса, которые характеризуются как «умеренно опасные». К сожалению, нормативные акты, регламентирующие анализ почв в Донецкой Народной Республике (ДНР), находятся в стадии разработки, поэтому содержание подвижных форм ТМ в исследуемых пробах определяют методом атомно-адсорбционного спектрального анализа согласно ДСТУ 4770.Х:2007 (Украина, Х – код металла). Кроме этого, отсутствие значений фоновых концентраций тяжелых металлов в почвах Донбасса, затрудняет определение величины их коэффициентов концентрации, необходимых для расчета экологического показателя суммарного загрязнения почвы, поэтому в формуле (1) используется нормированное значение предельно допустимых концентраций [5]:

$$K_{ki} = C_{iMe} / \text{ПДК}_{Me}, \quad (1)$$

где K_{ki} – коэффициент концентрации тяжелого металла; C_{iMe} – фактическое содержание ТМ в исследуемой почве, мг/кг; ПДК_{Me} – предельно допустимая концентрация ТМ, мг/кг.

Величина экологического показателя суммарного загрязнения почвы, характеризующая уровень и степень загрязнения, рассчитывается по формуле (2):

$$Z_{cm} = \sum(K_{ki} \cdot K_{mi}) - (n - 1), \quad (2)$$

где Z_{cm} – экологический показатель суммарного загрязнения почвы; K_{mi} – поправочный коэффициент токсичности тяжелых металлов, ($K_{mZn} = 1,5$; $K_{mCu} = 1,0$); n – количество определяемых элементов-загрязнителей, ед.

Ниже приведены данные для расчета Z_{cm} :

1) среднегодовые фактические концентрации подвижной формы цинка в пробах почвы с улицы Победа в период с 2019 г. по 2021 г. составляли (мг/кг): 14,20; 11,25; 17,90; с улицы Коккинаки – 14,35; 13,50; 10,65. Значение $\text{ПДК}_{Zn} = 23$ мг/кг;

2) среднегодовые фактические концентрации подвижной формы меди за этот же период в пробах почвы с улицы Победа (мг/кг): 1,96; 1,88; 2,55 и с улицы Коккинаки – 2,46; 2,32; 1,98. Значение ПДК_{Cu} = 3,0 мг/кг.

Результаты анализов образцов почвы на содержание цинка и меди позволили рассчитать значения среднегодовых экологических показателей суммарного загрязнения почвы этими металлами (таблица).

Таблица

Динамика изменения экологического показателя суммарного загрязнения почвы цинком и медью Червоногвардейского района города Макеевки в период 2019-2021 гг.

Место отбора проб почвы	2019	2020	2021
Улица Победы	0,58	0,37	1,02
Улица Коккинаки	0,76	0,65	0,36
Средний по району	0,67	0,51	0,60

Заключение. Анализ представленных в таблице среднегодовых значений экологического показателя суммарного загрязнения почвы позволяет сделать вывод о том, что придорожная почва Червоногвардейского района на контролируемых участках относится к первому уровню загрязнения с допустимой степенью загрязнения, т.е. исследованная почва «чистая» [5].

Список литературы

1. Администрация Червоногвардейского района г. Макеевка. – Текст : электронный / Все о ДНР. Справочник: официальный сайт. – 2021. – URL: <https://spravochnik.vsednr.ru/spr/administratsiya-chervonogvardejskogo-rajona-g-makeevka/> (дата обращения: 19.08.2021).
2. Ганжара Н. Ф. Почвоведение: (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений) / Н. Ф. Ганжара. – Москва: Агроконсалт, 2001. – 392 с. – ISBN 5 – 94325-003-4.
3. Оценка урбанизированной среды методами фитоиндикации / А. Э. Богущая, А. И. Сафонов, Е. В. Галактионова // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «ДОННУ». – Донецк: ДОННУ, 2022. – Вып. 14, том 1: Естественные науки. – С. 23-27. – ISSN 2415-7058.
4. Рудь А. В. Загрязнение тяжелыми металлами почв и растительности придорожных полос автодорог Минской области / А. В. Рудь // Вестник Белорусского государственного университета. Серия 2. Химия, Биология, География. – 2007. – № 1. – С. 111-115. – ISSN 2309-9164.
5. Мотузова Г. В. Экологический мониторинг почв / Г. В. Мотузова, О. С. Безуглова. – Москва: Академический Проект: Гаудеамус, 2007. – 237 с. – ISBN 978-5-8291-0913-4

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРСПЕКТИВНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТОПЛИВ ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ СИНТЕЗА ПАВ

Барбашова М.В., канд. техн. наук, **Карпинец А.П.**, канд. хим. наук, доц.
Автомобильно-дорожный институт ГОУ ВПО «ДОННТУ»,
г. Горловка, РФ
barbashova1987@gmail.com

Введение. В настоящее время в связи с динамичным развитием автомобильного транспорта во всех странах мира, в том числе парка гибридных автомобилей и оснащенных современными ДВС, увеличением объемов потребления углеводородов нефти и газа, ухудшением техногенной ситуации несомненную значимость приобретает решение следующих проблем: модернизация с акцентом на экологию действующих и разработка новых наукоемких принципиальных схем физико-химических процессов нефтеоргсинтеза, расширение сырьевой базы получения топлив за счет применения отходов крупнотоннажных производств химической и нефтехимической промышленности. В данной работе эти проблемы в известной мере решены на примере рационального использования отходов синтеза ПАВ сульфанола НП-3.

Основная часть. В экономике Российской Федерации и за рубежом сульфанола НП-3 (алкилбензолсульфонаты натрия) является одним из достаточно востребованных продуктов многотоннажной индустрии ПАВ и широко применяется в процессах флотации руд черных и цветных металлов, добыче и очистке нефти, синтезе детергентов бытовой химии [1]. Вместе с тем процесс его производства сопровождается образованием большого количества побочных продуктов-алкиларенов, которые длительное время не находили квалифицированного использования. Это обусловлено двумя факторами: сложностью ключевой стадии алкилирования бензола α -алкенами C_{10} - C_{14} в присутствии $AlCl_3$, а также неизученностью электронной структуры, реакционности, физико-химических и эксплуатационных свойств образующихся органических веществ.

Цель данной работы – разработка физико-химических основ, принципиальных схем, аппаратурного оформления процессов оптимизации технологий производства дизельного топлива ДТ-3-минус 35К2, бензинов марок Супер Евро-98 и Премиум Евро-95 из отработанной фракции алкилата синтеза сульфанола НП-3.

Реализованный на производственных мощностях Горловского химического завода (ГХЗ) химико-технологический процесс синтеза ПАВ сульфанола НП-3 и перспективных автомобильных топлив включает последовательные физико-химические стадии алкилирования бензола α -

алкенами C₁₀-C₁₄ (катализатор AlCl₃), сульфирования алкиларенов SO₃, нейтрализацию образовавшихся алкилбензолсульфокислот раствором NaOH. Целевой продукт производства ПАВ выделяют в виде 45 %-ной водной пасты [2].

В отделениях блока ректификаций детергентную фракцию алкилата с $t_{\text{кип}}$ 280-340°C отделяют от избытка бензола (растворителя) и выделяют легкую (бензиновую) фракцию с $t_{\text{кип}}$ 65-190°C и среднюю (дизтопливо) с $t_{\text{кип}}$ 170-280°C.

Аппаратура, техника экспериментов и экомониторинга, а также результаты изучения термодинамики, механизма и кинетики отдельных стадий, физико-химических и функциональных свойств органических соединений с применением целого спектра физических методов исследования детально описаны нами в публикациях [2,3].

Укажем установленные с помощью квалификационных испытаний по ГОСТ 305-2013 основные физико-химические и эксплуатационного свойства дизельного топлива, полученного по ресурсосберегающей технологии: цетановое число 49, кинематическая вязкость при 20 °C 3,4 мм²/с, фракционный состав: $t_{50\%}=237^\circ\text{C}$, $t_{96\%}=280^\circ\text{C}$, предельная температура фильтруемости -38 °C, температура вспышки в закрытом тигле 45 °C, испытание на Cu пластинке- выдерживает, массовая доля неактивных соединений серы 10 мг/кг (что отвечает экологическому классу топлива К2). Эти данные, а также групповой состав: 74 об. % алкано-циклановых соединений и 26 об.% аренов, низшая теплота сгорания 42950 кДж/кг, хорошая самовоспламеняемость (цетановый индекс 58) позволяют применять полученное топливо без дополнительного компаундирования [2].

Рассмотрим установленные по ГОСТ Р 51866-2002 (EN 228-2004) основные характеристики бензина Супер Евро-98 (вид III), выделенного из легкой фракции алкилата синтеза ПАВ сулфонола НП-3: октановое число (ОЧ) 98(исследовательский метод, и.м.), ОЧ-88 (моторный метод, м.м.), плотность при 15 °C 745 кг/м³, давление насыщенных паров для бензинов класса А 48 кПа, фракционный состав: объемная доля % испарившегося топлива при температурах: 70 °C(И70)=38,0; И100=58,0; И150=78,0; конец кипения 190 °C, устойчивость к окислению 2900 мин, концентрация неактивных соединений серы 3 мг/кг, объемная доля олефинов 2,5%, аренов 32,8 %, бензола 0,6 %, содержание смол, промытых растворителем, 0,5 мг на 100 см³ бензина [3]. Основные физико-химические параметры бензина Премиум Евро-95 отличаются: величинами ОЧ=96 (и.м.) и ОЧ=86 (м.м.), содержанием аренов 32,2 % и бензола 0,5 об. %. В итоге все показатели качества обоих топлив оказались идентичными товарным нефтепродуктам [3].

Данные экомониторинга эмиссии токсичных ингредиентов с отработавшими газами (ОГ) ДВС (таблица) и незначительная концентрация неактивных соединений серы в исходных топливах

позволяют отнести их к бензинам (вида III) и дизтопливу К2 с улучшенными экологическими показателями.

Таблица

Концентрация (об.%) токсичных компонентов в ОГ ДВС, работающих на полученных по ресурсосберегающей технологии топливах

Вещество	Значение для топлив марок		
	ДТ-3-минус 35 К2	Супер Евро-98	Премиум Евро-95
Оксид углерода	0,01	0,71	0,70
Оксиды азота NO _x	0,11	0,27	0,22
Диоксид серы	0,010	0,0025	0,0026
Углеводороды C _n H _m	0,01	0,042	0,040
Альдегиды R – CH=O, мг/л	0,0014	0,004	0,003
Сажа, г/м ³	0,030	0,015	0,010
3,4-бенз(α)пирен, мкг/м ³	0,50	0,91	0,82

Стоит отметить, что выделение фракций автомобильных топлив из отработанной фракции алкилата синтеза ПАВ происходит без нарушения режима основного технологического процесса. Последнее в сочетании с несложным аппаратным оформлением процесса ректификации [2] и небольшими производственными затратами довольно существенно при разработке и внедрении схем перспективных технологий и решении проблем прикладной экологии и химмотологии.

Заключение. Разработана и внедрена на ГХЗ ресурсосберегающая технология производства высокооктановых бензинов и довольно дефицитного зимнего дизельного топлива из промышленных отходов синтеза ПАВ. В условиях инновационного развития многоотраслевой экономики Донбасса планируется внедрение этой технологии и на других предприятиях химической и нефтехимического комплекса, а также решение региональных проблем химмотологии, ноксологии и прикладной экологии.

Список литературы

1. Ланге К. Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение / К. Р. Ланге; под редакцией Л. . Зайченко. – Санкт-Петербург: Профессия, 2007. – 240 с.
2. Карпинец А. П. Теоретические основы ресурсосберегающей технологии производства зимнего дизельного топлива из промышленных отходов синтеза поверхностно-активных веществ / А. П. Карпинец // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2018. – №3 (26). – С. 68–75.
3. Карпинец А. П. Физико-химические закономерности и физические методы исследования технологии производства высокооктановых бензинов из промышленных отходов синтеза ПАВ / А. П. Карпинец, М. В. Барбашова // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2021. – №1 (36). – С. 67–81.

ОБРАЩЕНИЕ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ: СУТЬ ПРОБЛЕМЫ, НАПРАВЛЕНИЯ РЕШЕНИЯ

Башева Т.С., канд. техн. наук, доц., *Тимофеев А.Н.*,
Качан В.Н., д-р техн. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, РФ
t.s.bashevaya@donnasa.ru

Введение. В рамках государственной проблемы отходов, которая актуальна для многих стран и регионов, всегда особняком стоит проблема твёрдых коммунальных (бытовых) отходов (ТКО). Это проблема не новая и ранее большое количество специалистов занимались вопросами уменьшения влияния ТКО на окружающую среду [1-4]. Однако проблема в настоящее время остается нерешенной и крайне актуальной. Следовательно, есть необходимость выделить основные причины безрезультативности усилий направленных на решение проблемы ТКО. Таким образом, *целью* работы является: изучение проблемы твердых коммунальных отходов и определение основных направлений ее решения.

Основная часть. Несмотря на то, что твёрдых коммунальных отходов значительно меньше по объему, чем промышленных отходов, например, в Донецкой Народной Республике ТКО составляют только 10 % от общего количества накопленных отходов, данная проблема в значительной степени тревожит население и органы государственного управления, так как создает некомфортные условия жизни для граждан при неправильном обращении с данным видом отходов.

Классическая схема обращения с отходами состоит из трех основных этапов: I Образование отходов → II Обезвреживание, утилизация отходов → III Захоронение отходов. Реализация каждого из перечисленных этапов уменьшает уровень воздействия отходов ТКО на окружающую среду. При этом следует отметить, что эффективность обращения с ТКО на определенной территории будет зависеть от показателя реализации мероприятий обращения с отходами на каждом из этапов. На каждом этапе требуются универсальные подходы и привлечение специалистов различных отраслей. Наиболее важными для достижения экологического эффекта следует считать подходы, при которых наиболее высокие экологические показатели для I этапа, то есть этапа «предотвращения образования отходов». Это наиболее сложный этап при решении вопросов коммунальных отходов, потому что в большей степени зависит от экологического воспитания и экологического самосознания населения.

Эффективность реализации второго этапа в значительной мере зависит от правильности организации сбора и сортировки ТКО, а также

наличия технологических линий по переработке каждого из компонентов входящих в состав коммунальных отходов. Как известно, ТКО это многокомпонентный отход разнородный по своему морфологическому составу. Анализ компонентного состава ТКО показывает, что 88 % можно использовать повторно в качестве вторичных материалов или для получения энергии.

Возможность использовать коммунальные отходы в качестве вторичных материальных или энергетических ресурсов зависит от правильности организации сбора и сортировки отходов. Для этого нужно привлекать специалистов по коммунальному хозяйству и санитарной очистке территорий. Именно их участие позволит организовать сбор отходов с сортировкой на месте сбора, что является наиболее эффективным для полной дальнейшей переработки ТКО. Предварительная сортировка ТКО позволяет увеличить возможность вторичного использования компонентов ТКО, а, следовательно, уменьшить количество отходов поступающих на свалку: отходы макулатуры с 95 % до 15 %; отходы пластика – с 85 % до 15 %; отходы стекла с 90 % до 50 %; отходы металла с 90 % до 55 % [3]. Анализ способов сбора твёрдых коммунальных отходов в зависимости от дальнейшего использования показал, что наиболее эффективным является сбор в отдельные контейнеры для разных видов отходов. Это позволяет осуществлять сортировку мусора у источника с последующей транспортировкой в пункты их утилизации. Способ сбора ТКО в один контейнер на придомовом участке, применяемый в настоящее время повсеместно, предопределяет дальнейшую «судьбу» отходов: смешанный мусор отправляется на организованное свалки (полигоны) поскольку это масса отходов не подлежит переработке.

Собранные отдельным способом отходы должны быть утилизированы с получением сырья или энергии. Для возможности осуществления данного этапа необходимы разработанные технологии повторного использования отходов ТКО и создание технологических линий для внедрения разработанных технологий. Следовательно, необходимо привлечение ученых – экологов, инженеров – технологов и производителей. В РФ и ЕС задача выбора наиболее эффективного способа переработки отходов упрощается наличием «Информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям».

На третьем этапе – этапе захоронения отходов – происходит консервация отходов с невозможностью их повторного использования. Этот этап можно сравнить с медицинским понятием «поддержание больного в стадии неухудшения состояния», но при этом болезнь остается, и решение проблемы – только лишь отсрочено. Свалки и полигоны хранения ТКО занимают территории, требуют инженерного оснащения и правильного обслуживания, а, при большой численности населения

проживающего на территории, быстро заполняются, и появляется необходимость создания новых специально отведенных мест и объектов размещения отходов. Согласно данным Госкомэкополитики при Главе ДНР [6] по состоянию на 01.01.2022 г. на территории Республики действуют 7 специально отведенных мест и объектов размещения отходов (СОМОРО) для захоронения коммунальных отходов: в Донецке – 2, в Макеевке – 1; Горловке -1; Иловайске -1; Александровке Старобешевского района -1; Яковлевке Ясиноватского района – 1. При этом полигоны, расположенные в населенных пунктах с наибольшим количеством населения, заполнены на 50-85 % от проектной вместимости: в Макеевке на 85 %, в Донецке на 75 % и на 45 %; в Горловке – на 50 %.

Заключение. Исходя из проведенного анализа ситуации, можно сделать вывод, что на пути решения проблемы ТКО существует множество нерешенных задач: организационных, управленческих и технических. Подходы в решении проблемы твёрдых коммунальных отходов необходимо разделить на два разных направления, а именно, решение проблемы «ранее накопленных несортированных ТКО» и решение проблемы «образования ТКО с перспективой уменьшения количества отходов». Для решения задачи по второму сценарию, во-первых, необходимо для всех видов отходов разработать технологии, позволяющие их максимально утилизировать. А, во-вторых, необходимы методы стимулирования населения к раздельному сбору, что тоже является нелёгкой задачей. И, конечно же, при решении проблемы необходима государственная поддержка и экономическое стимулирование рационального обращения с ТКО: финансирование селективного сбора отходов, создания сортировочных комплексов, разработки, создания и внедрения отечественных новейших технологий по переработке.

Список литературы

1. Fisher C. Municipal waste management in Austria: Copenhagen. European Environment Agency, 2013. – 18 p.
2. Рекомендации Совета по итогам спецзаседания «Обеспечение экологических прав граждан при обращении с отходами»: рекомендации заседания от 17 июля 2018 г. [Электронный ресурс] – М.: СПЧ. – Режим доступа: http://president-sovet.ru/presscenter/news/rekomendatsii_soveta_po_itogam_spetszasedaniya_obespecheni_e_ekologicheskikh_prav_grazhdan_pri_obrashch/
3. Плохих Ю. В. Влияние раздельного сбора отходов на эффективность «мусорной» реформы / Ю. В. Плохих // Омский научный вестник. Сер. Общество. История. Современность, 2020. – Т. 5, № 4. – С. 122–127.
4. Соколова О. Г. Формирование модели управления твердыми коммунальными отходами / О. Г. Соколова, М. В. Полежаева, Е. В. Чухарева // ЭТАП. 2019. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-modeli-upravleniya-tverdymi-kommunalnymi-othodami> (дата обращения: 03.09.2022).

МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Белецкий Я.О., Сердюк А.И., д-р хим. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

г. Макеевка, РФ

ya.o.beletskiy@donnasa.ru

Батарейка (элемент питания) – обиходное название источника электричества для автономного питания разнообразных устройств, также имеет название аккумуляторные батареи (АКБ) Может представлять собой одиночный гальванический элемент, аккумулятор или их соединение в батарею для увеличения напряжения.

К элементам питания (батарейкам) относят:

1. одноразовые батарейки

Первичные – Гальванические элементы. Реакции, происходящие в них, необратимы, поэтому их нельзя перезарядить. Обычно именно их и называют словом «батарейка». Попытка зарядить батарейку может привести к взрыву.

2. перезаряжаемые батарейки (аккумуляторы)

Вторичные – Аккумуляторы. В отличие от первичных, реакции в них обратимы, поэтому они способны преобразовывать электрическую энергию в химическую, накапливая её (заряд), и выполнять обратное преобразование, отдавая электрическую энергию потребителю (разряд). Для распространённых аккумуляторов число циклов заряд-разряд обычно равно примерно 1000 и заметно зависит от условий эксплуатации [1].

В ДНР батарейки обычно выбрасываются в мусорное ведро и попадают на свалку вместе с остальными отходами. На свалке тяжелые металлы из батареек попадают в почву, грунтовые воды или воздух (если свалка горит) и тем самым поступают в пищевые цепи. Последним звеном многих пищевых цепей является человек, который получает максимальную дозу вредных веществ. В батарейках содержатся: ртуть, никель, кадмий, свинец, литий, марганец и цинк, имеющие свойство накапливаться в живых организмах, в том числе и в людях, поэтому даже небольшое их количество опасно и наносит существенный вред здоровью .

Отработанные аккумуляторы нельзя просто отнести на свалку как другой бытовой мусор. Это связано с тем, что аккумуляторные батареи имеют в своем составе токсичные для живых организмов элементы и соединения. АКБ – это отход 2 класса опасности – отходы с высокой опасностью [2]. По этой причине старые аккумуляторы нуждаются в правильной утилизации.

Чтобы утилизировать отработанные аккумуляторы и батарейки для этого можно воспользоваться услугами специализированных компаний и

заводов, которые занимаются переработкой данного вида отходов. При этом необходимо принимать во внимание последние изменения в законодательстве, связанные с утилизацией аккумуляторов, в соответствии с которыми все подобные предприятия должны были получить лицензию и сертификаты на проведение утилизационных мероприятий данного вида отходов [3].

Другой способ утилизации, позволяющий ответить на вопрос, как сдать и куда сдать АКБ, это сдача батарей в пункт приема металлического лома. При этом, как и в первом случае, за сданный аккумулятор можно получить неплохую сумму денег, особенно если сдаешь большое количество АКБ.

Еще одним современным приемом избавления от старых аккумуляторов является возможность сдачи данных приборов в специализированный магазин, при этом можно получить скидку на покупку нового устройства.

Избавиться от автомобильных аккумуляторов можно одним из описанных выше способом. Утилизация свинцово-кислотных АКБ происходит на специализированных заводах и включает следующие стадии:

- Сливаются электролит. В герметичных условиях с высокой температурой электролит нейтрализуется;
- Корпус батареи дробится на специальном оборудовании.
- Свинцово-кислотная паста отделяется от пластико-металлической смеси посредством фильтрации;
- Пластик и металл разделяются. Пластиковая фракция отправляется на гранулирование;
- Металлические обломки и остатки пасты также нейтрализуются;
- Свинец отделяется от других металлических составляющих. Свинцовая фракция дочищается в тиглях. Свинец разливается в формы.

Аккумуляторы свинцовые с не слитым электролитом представляют большую угрозу для состояния окружающей среды, т.к. в состав отхода входят один из самых токсичных тяжелых металлов – свинец и опасная серная кислота. Поэтому для ликвидации свинцовых автомобильных АКБ требуется специальное оборудование для переработки и обязательное соблюдение мер предосторожности и техники безопасности специалистами предприятий.

Современные телефоны, ноутбуки, планшеты т.д. производятся на основе литиевых аккумуляторов. Как и другие виды батарей, литиевые АКБ способны нанести серьезный урон окружающей среде, их выброс на свалки и полигоны может стать причиной крупных пожаров, так как при контакте лития и его соединений с воздухом может произойти быстрая реакция с выделением большого количества тепла. Поэтому важно проводить утилизационные мероприятия и литиево-ионных, и литиево-полимерных аккумуляторов [4].

Технология переработки литиевых аккумуляторов включает следующие основные стадии:

- Вскрытие аккумулятора и извлечение его содержимого;
- Электролит, содержащий соли лития, вымывается;
- Катодные и анодные пластины подвергаются разделению. С пластин удаляется примерно 70 % катодного и анодного материала. Медные и алюминиевые пластины отправляются на переплавку;
- Корпус из пластика дробится и также переплавляется.

Переработкой li-ion АКБ занимается специальный завод по переработке. Однако в нашей стране таких промышленных предприятий не так много и обычно ими являются заводы по изготовлению аккумуляторных батарей (отработанные АКБ используют в качестве вторсырья).

Список литературы

1. Синякова К. В. Экологические проблемы использования аккумуляторов / К. В. Синякова, А. П. Кителев, А. И. Зенков. – Текст: непосредственный // Химия и жизнь: Сборник XVIII Международной научно-практической студенческой конференции, Новосибирск, 16 мая 2019 года. – 2019. – С. 294-299.
2. Brahmesh Vinayak Joshi. Impact of policy instruments on lead-acid battery recycling / Vinayak Joshi Brahmesh, B. Vipin, Janakarajan Ramkumar, R. K. – Text: direct // Amit A system dynamics approach, Resources, Conservation and Recycling – Volume 169, – 2021. – P. 350-365.
3. Белецкий Я. О. Переработка и утилизация литий-ионных аккумуляторов / Я. О. Белецкий, А. И. Сердюк. – Текст: непосредственный // Современные проблемы гуманитарных, естественных и технических наук: сборник материалов V-ой республиканской научно – практической интернет – конференции преподавателей, молодых учёных, аспирантов и студентов. – ГОУ ВПО «ДонНУЭТ». – 2019. – С. 42-44.
4. Lin He. Exploring the EPR system for power battery recycling from a supply-side perspective / He Lin, Sun Bingzhen – Text: direct // An evolutionary game analysis, Waste Management – Volume 140. – 2022. – P. 204-212.

УДК 625.855.3

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЛИТЫХ АСФАЛЬТОПОЛИМЕРСЕРОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Братчун В.И., д-р техн. наук, проф., **Беспалов В.Л.**, д-р техн. наук, проф.,
Пшеничных О.А., **Леонов Н.С.**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, РФ
ada@donnasa.ru

Введение. В связи с ростом интенсивности и грузонапряженности движения транспортных средств особенно важную роль приобретает

своевременность и качество работ по текущему и капитальному ремонту покрытий асфальтобетонных дорог.

В настоящее время расходы, связанные с текущим ремонтом автомобильных дорог (ликвидация выбоин, просадок, наплывов и других пластических деформаций, обновление шероховатости покрытий и заливка трещин на покрытиях и др.) составляют 60% от стоимости строительства.

Анализ мирового опыта текущего ремонта покрытий автомобильных дорог свидетельствует о том, что для повышения долговечности отремонтированных конструктивных слоев покрытий нежестких дорожных одежд наиболее эффективным дорожно-строительным материалом являются горячие литые асфальтобетонные смеси. Недостатком горячих литых асфальтобетонных смесей является высокая энергоемкость производства (температура производства 215-240 °С), технологическое старение, низкие значения деформационно-прочностных характеристик, высокая интенсивность выброса загрязняющих и вредных веществ. В Донбасской национальной академии строительства и архитектуры разработаны составы и инновационная технология производства литых асфальтобетонных смесей. В то же время не изученными являются экологические последствия производства и применения таких смесей. К тому же целесообразно в составе модифицированных асфальтополимербетонных смесей использовать техногенное сырье Донбасса в качестве активированных минеральных порошков; шлам станций нейтрализации Харцызского сталепроволочно-канатного завода, поверхностно-активированный полимерсодержащими отходами производства эпоксидных смол опытного завода Донецкого УкрНИИПластмасс.

Основная часть. Целью работы является разработка и установление оптимальных параметров режимов производства литых асфальтополимербетонных смесей, содержащих в своем составе техногенное сырье и обеспечивающих экологическую безопасность окружающей среды.

В результате аналитического обзора показано, что традиционные горячие литые асфальтобетонные смеси (ГОСТ Р54401-2011) характеризуются повышенной энергоемкостью производства (температура производства составляет 215-240°С) и экологической опасностью как при производстве, так и при использовании для ямочного ремонта и устройства слоев износа (концентрация выделения загрязняющих веществ в процессе производства составляет 0,4-0,5 ПДК, а сероводорода и сернистого ангидрида 0,6-0,7 ПДК). [1-3].

Установлено, что более эффективным дорожно-строительным материалом для аварийного ремонта нежестких дорожных одежд (ликвидация ямочности, заливка трещин, устройство слоев износа) является инновационный дорожно-строительный материал, разработанный в ГОУ ВПО ДОННАСА – «Комплексно-модифицированные литые асфальтобетонные смеси с пониженной энергоемкостью и экологической

безопасностью», которые представляют собой композиционный материал из рационально-подобранной смеси: из дорожного нефтяного битума $P_{25}=(40-60) \cdot 0,1$ мм, модифицированного комплексной добавкой (бутадиенметилстирольный каучук СКМС-30 – 2-2,5 % мас. и технической серы 25-30 % мас.) – 6,7-10,5 %, поверхностно-активированного СКМС-30 0,5 % мас., минерального порошка – 12,6-20 % мас., щебня и искусственного песка – 80-87 % мас. [4]. Приведены физико-механические характеристики литых асфальтополимерсеробетонных. Показано, что они характеризуются следующими свойствами: подвижность смеси при 150°C $h>30$ мм; условная жесткость по Маршаллу при 60°C 23,1 кН; коэффициент длительной водостойкости (90 суток) $K_{\text{вд}} = 0,89$, коэффициент морозостойкости после 100 циклов попеременного замораживания-оттаивания $F=0,85$; коэффициент теплового старения после 2000 часов прогрева в климатической камере ИП-1 при температуре 75°C и ультрафиолетовом облучении $K_{\text{ст}}=1,27$, что обеспечивает долговечность отремонтированных покрытий нежестких дорожных одежд в 2-3 раза выше в сравнении с традиционными горячими асфальтобетонами. В тоже время не изученными являются экологические аспекты производства и применения модифицированных асфальтополимер- и дегтеполимербетонных смесей и бетонов.

Разработана технологическая схема и описание технологии производства литых асфальтополимерсеробетонных и комплексно-модифицированных асфальтобетонных смесей: приведены сведения о: механизмах и оборудовании; требованиях к составляющим; сформулированы требования к литым асфальтополимерсеробетонным смесям и асфальтополимерсеробетонам.

Выполнен расчет концентрации и рассеивания выбросов вредных веществ и выполнена экологическая оценка модифицированных асфальтобетонных и дегтебетонных смесей как при производстве, при температурах $150-155^{\circ}\text{C}$ и $105-115^{\circ}\text{C}$ соответственно, так и в условиях эксплуатации при температуре 50°C . Установлено, что концентрация вредных веществ на границе санитарно-защитной зоны составляет 0,2-0,3 ПДК, что свидетельствует о безопасности использования предложенных добавок для комплексной модификации органических вяжущих (бутадиенметилстирольный каучук СКМС-30, техническая сера, поливинилхлорид, полистирол). Приведены карты-схемы рассеивания стирола как при производстве, так и применении асфальтополистирольных бетонных смесей и бетонов.

Установлено, что запроектированные мероприятия по экологической безопасности на асфальтобетонном заводе по производству литых асфальтополимерсеробетонных смесей обеспечивают нормативные условия состояния растительности и атмосферы на промышленной площадке асфальтобетонного завода.

Разработаны мероприятия по охране труда, безопасности и охране окружающей природной среды при производстве литых асфальтополи-

мерсеробетонных смесей: это герметизация технологических установок; обеспечение обслуживающего персонала асфальтобетонного завода спецодеждой, индивидуальными средствами защиты; обеспечение класса защиты от поражения электротоком – первый; оборудование емкостей для хранения серы предохранительными взрывными мембранами, рассчитанными на максимально допустимое избыточное давление; мероприятия по противопожарной безопасности; установка вентиляционного оборудования для отсоса пыли, образующейся при работе сушильного барабана и асфальтобетонной установки.

Выполнен расчет экономической эффективности производства и применения экологически безопасных литых асфальтополимерсеробетонных смесей. Установлено, что при производственной мощности 50 тыс. тонн в год асфальтополимерсеробетонных смесей экономический эффект составит 69600000 рублей. Рентабельность реконструированного завода составит – 126 %. Срок окупаемости предприятия 2,6 года.

Список литературы

1. Прогрессивные технологии капитального ремонта дорожных одежд / В. В. Мозговой, А. Е. Мерликин, Л. А. Мозговая и др. / Дорожная техника, 2007. – С. 126-139.
2. Бахрах Г. С. Модель оценки срока службы дорожной одежды нежесткого типа // Наука и техника в дорожной отрасли / Г. С. Бахрах. – Р.Ф.: Москва, 2013. – С. 35-41.
3. Калгин Ю. И. Дорожные битумоминеральные материалы на основе модифицированных битумов: монография / Ю. В. Калгин. – Воронеж: издательство Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2006. – 272 с.
4. Теоретико-экспериментальные принципы получения модифицированных асфальтополимербетонов повышенной долговечности: Монография / В. И. Братчун, В. Л. Беспалов, М. К. Пактер, Е. А. Ромасюк. – Донецк: Издательство ООО «НПП Фолиант», 2020. – 244 с.

УДК 633.854.78

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕЛЛЕТ ИЗ ЛУЗГИ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Гусев М.Э., Мамаев В.В., д-р техн. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, РФ
maksim.gusev98@mail.ru

Введение. Главной причиной современного энергетического кризиса, по всей видимости, можно считать кризис сложившейся глобальной системы управления энергией, которая была и остается основным толчком быстрого промышленно-технологического развития человечества. Катализатором энергетической революции 200 лет тому был черный уголь, положивший начало индустриализации, а сто лет спустя,

люди стали добывать нефть и газ. Продолжительное время государства, обладающие большими запасами этих ископаемых видов топлива, не осознавали негативных экологических последствий стремительной эксплуатации исчерпаемых природных ресурсов на фоне быстрого экономического развития. Демографические изменения и заметная деградация окружающей природной среды обусловили необходимость перехода от невозобновляемых «грязных» энергетических ресурсов к «чистым» и возобновляемым. К сожалению, энергия возобновляемых источников оказалась довольно дорогостоящей, чтобы обеспечить стабильную выработку электроэнергии, эксплуатацию всех видов транспортных средств и обеспечить комфортные условия среды обитания человека.

Основная часть. Реальным решением выхода из создавшейся ситуации в топливно-энергетическом комплексе мировой экономики приоритетным направлением, помимо группы альтернативных природных источников энергии (солнце, ветер, вода), должно стать развитие технологий получения различных видов твердого биотоплива. Как показывают результаты научно-практических исследований, концепция экологически чистого топлива, безопасного на стадиях производства, хранения и транспортировки, использования и утилизации частично может быть решена, благодаря огромным количествам производственных отходов лесной промышленности, сельскохозяйственной и даже твердых бытовых отходов (ТБО).

Таким возобновляемым источником энергии будущего могут стать биотопливные классы продукции, главными характеристиками которых являются теплотворная способность, влажность и зольность [1]. Основная ниша этого сегмента уже сейчас занята классами древесного топлива: пеллетами, брикетами, щепой и дровами, в качестве сырья для которых используют щепу, стружку, опилки сосны, дуба, березы.

В последние 10-20 лет в России активно начали внедряться технологии производства биотоплива в виде недревесных пеллет и недревесных брикетов, технологическим сырьем которых служат шелуха гречихи и риса, перерабатываемая солома и скорлупа орехов, биофракция ТБО, лузга подсолнечника и др. [2].

Утилизация лузги подсолнечника долгое время оставалась проблемой для заводов по изготовлению масла. Во-первых, количество лузги только в течение недели могло достичь десятков тысяч тонн, во-вторых, при хранении лузга тлела, распространяя неприятный запах, в-третьих, она могла воспламениться. Проблема утилизации была решена при использовании лузги в качестве сырья на заводах по производству твердого биотоплива, где товарная продукция выпускается в двух видах – в виде брикетов и пеллет.

Технология производства пеллет из лузги подсолнечника методом гранулирования не требует больших затрат, поскольку кроме собственно лузги, не используются никакие связующие материалы или химические

добавки. Технологическая схема состоит из следующих стадий: подготовка сырья → дробление до мелкой фракции → накопление фракции в бункере → увлажнение массы в смесителе гранулятора → грануляция → пресс-камера → охлаждающий бункер → расфасовка.

Получаемое биотопливо не наносит вред окружающей среде и не вызывает аллергических реакций у людей. Относительно низкая стоимость данной продукции обеспечивает достаточно высокий показатель экономичности, тем более что цена, например, лузги-сырья как отхода, находится в пределах 100-150 руб./кг.

Высокие показатели теплоты, выделяемой при сгорании, и низкие показатели зольности обеспечивают высокую эффективность этого вида биотоплива (таблица).

Таблица

Сравнительная характеристика основных показателей различных типов биотоплива

Тип топлива	Удельный насыпной вес, кг/м ³	Теплотворность, кДж/кг	Влажность, %	Зольность, %
Лузга подсолнечная	90	19320	от 4 до 7	от 0,5 до 3,0
Гранулы из лузги	260	от 9800 до 21000	от 8 до 10	от 1,0 до 3,0
Опилки древесные	от 220 до 280	17150	от 6 до 8	от 0,5 до 1,0
Древесина	от 550 до 600	8350	от 12 до 20	от 5,0 до 15,0

Анализ данных таблицы показывает, что высокая теплотворная способность и собственно лузги и пеллет из лузги подсолнечника, сравнима с некоторыми видами черного угля и даже больше, чем у бурых углей (≈ 12000 кДж/кг). Следовательно, при правильном экономическом подходе к расширению группы твердого биотоплива, можно достичь полного вытеснения из домашнего обихода угля, снижая его добычу и уменьшая техногенную нагрузку на окружающую среду.

При применении пеллеты для обогрева в домашних условиях в печах или каминах наблюдается небольшое накопление золы (3 %) или засорение дымохода, что иногда вызывает у хозяев недовольство. Рачительный хозяин должен знать, что собирая золу в отопительный сезон, он может использовать ее в качестве удобрения для улучшения почвы на даче или огороде [3].

Экологичность, практически всех видов биотоплива, проявляется в том, что в их составе нет таких токсичных химических элементов как тяжелые металлы, имеющиеся остаточные следы серы не образуют вредных оксидов, а отсутствие растительных спор не вызывает возможных аллергических реакций.

В отличие от лузги пеллеты теряют свою пожароопасность, т. к. в процессе производства объем лузги уменьшается от 5 до 10 раз, что приводит к исчезновению пор в гранулах. Цветовая гамма окраски изменяется от светлых тонов вплоть до черного. Интересно, что пеллеты

темного цвета нашли применение даже в животноводстве: их водный раствор после замачивания идет на корм скоту.

Заключение. Сравнительный анализ основных характеристик твердого биотоплива (на примере пеллет из лузги подсолнечника) подтверждает эколого-экономическую целесообразность расширения биотопливного сегмента, уменьшая тем самым объемы добычи угля и нефти, улучшая экологическое состояние жизненной среды человека.

Список литературы

1. ГОСТ 33103.2 – 2017 (ISO 17225-2:2014), Биотопливо твердое. Технические характеристики и классы топлива. Часть 2. Классификация древесных пеллет = «Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 2: Graded wood pellets», MOD: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 4 июля 2017 г. № 667-ст: введен впервые: дата введения 2018-01-01 / подготовлен Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации материалов и технологий» (ФГУП «ВНИИ СМТ»). – Москва: Стандартинформ, 2017. – 15 с. – Текст непосредственный.
2. Топливные гранулы. Материал из Википедии – свободной энциклопедии. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения 11.07. 2022). – Текст электронный.
3. Умыржан Т. Н. Экологические аспекты сжигания пеллетов / Т. Н. Умыржан, М. М. Хабиев, М. В. Петряков; науч. рук. О. А. Степанова // Интеллектуальные энергосистемы: труды V Международного молодежного форума, 9-13 октября 2017 г., г. Томск: в 3 т. – Томск: Издательства ТПУ, 2017. – Т.1. – С. 266-268. – Текст непосредственный.

УДК 504 + 004.9

ЭКОИНФОРМАТИКА И ПРОБЛЕМА БИОРАЗНООБРАЗИЯ

Коркишко В.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
v.korkishko@donnu.ru

Человеческая деятельность вызывает глобальные изменения в окружающей среде, которые оказывают беспрецедентно сильное негативное влияние на биоразнообразие земного шара. Еще в 1994 году Питер Витоусек, американский эколог, широко известный своими работами по круговороту азота на Земле, выделил в качестве причин повышения содержания CO₂ в атмосфере биогеохимию глобального круговорота азота и усиливающееся природопользование и урбанистические изменения в ландшафте. В 2000 году к этим причинам были добавлены также климатические изменения и биотический обмен. Однако несмотря на то, что сегодня у нас есть качественные данные о химико-физических

причинах, подстегивающих глобальные изменения экологической обстановки (климатические изменения, нарушения круговорота азота, кислотные дожди, повышение уровня CO₂ и т.д.) и есть знание о текущем положении дел в области природопользования на мировом уровне, достоверная и качественная информация о текущем состоянии биоразнообразия, его трендов и факторов влияния на него различных компонентов глобальных экологических изменений является труднодостижимой [1].

Часть индустриальных стран, начиная с 2000-х, начала различные программы по отслеживанию биоразнообразия на своей территории, что позволяет накапливать необходимую для анализа информацию. Однако более ранние данные практически полностью отсутствуют, не позволяя проводить сравнительный анализ. На мировом уровне количество и качество информации еще более скудное, что значительно затрудняет классические методы анализа, нуждающиеся в огромном количестве отборов и проб. Именно в этом экоинформатика (наука о хранении, обработке и внедрении экологических данных [2]), а именно ее подраздел «Информатика биоразнообразия», может оказаться полезной: экоинформатика способна предоставить методы и способы для сбора экологической информации о состоянии Земли в целом и о биологическом разнообразии в частности, чтобы затем объединить и проанализировать их с целью определения, понимания, предсказания и предотвращения изменений в биоразнообразии Земли.

Термин «экоинформатика» и сама наука, как отрасль экологии, возникла из инициатив по изучению биоразнообразия Центром долгосрочных экологических исследований США и Национального центра экологического анализа и синтеза в начале 1990-х. Информатика биоразнообразия и экоинформатика во многом дублируют друг друга, при этом первая делает более сильный акцент на таксономической позиции анализируемых видов, а вторая наука углубляется во взаимодействие внутри таксонов и между таксонами, а также с их абиотическим окружением.

Экоинформатика – это первый шаг на пути к ретроспективному и перспективному анализу глобальных экологических изменений. С целью обнаружения изменений в видовом составе и структуре растительного мира, замеряемые данные должны быть собраны, архивированы и обработаны таким образом, чтобы иметь возможность переносить шаблоны изучаемых схем, обнаруживать повторяющиеся наборы сравниваемых данных и проводить статистическую обработку. Обобщение временных трендов и их пространственных схем строится на обширных системах устойчивых схем и объединенном анализе большого количество временных подборок данных.

Инструменты, предоставляемые экоинформатикой, – абсолютно незаменимы, если речь идет о том, чтобы перейти от довольно качественного обзора отдельных случаев к широкомасштабному, управляемому данными метаанализу [3]. Исследования климатических изменений включают в себя не только попытки выявить последствия, но также

предсказательное моделирование, для которого именно экоинформатика способна предоставить данные по условиям окружающей среды и распределению видов. Результативность моделирования во многом зависит от возможности получить свежие, точные и полноценные данные.

Экоинформатика обладает потенциалом для совершения основательного вклада в чистую и прикладную науку в области сбора, анализа данных и метаанализа, открывает новый взгляд на форматы на обработки данных и аналитические подходы, используемые для этого, инструменты для более мощного статистического анализа и утилиты для интеграции данных, удовлетворяющих таксономическим стандартам – все это позволяет пользователям найти данные и инструменты их обработки соответственно цели их исследования.

Список литературы

1. Уфимцева М. Д. Достижения и проблемы информатики биоразнообразия (по материалам международной конференции «e-Biosphere 09») / М. Д. Уфимцева, Н. В. Терехина. – Текст: электронный // Биосфера. – 2010. – № 1, т. 2. – С. 46-49. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dostizheniya-i-problemy-informatiki-bioraznoobraziya-po-materialam-mezhdunarodnoy-konferentsii-e-biosphere-09> (дата обращения: 23.09.2022).
2. Бурков В. Д. Экоинформатика: алгоритмы, методы и технологии / В. Д. Бурков, В. Ф. Крапивин. – Москва: МГУЛ, 2009. – 430 с.
3. Экоинформатика: монография / Ю. М. Арский, Ю. Ф. Захаров, В. А. Калуцков [и др.] – Санкт-Петербург: Гидрометео-издат, 1992. – 520 с.

УДК 504.47

ГЛЯЦИАЛЬНЫЕ СРЕДЫ КАК ТЕРМОРАДИАЦИОННЫЕ ИНДИКАТОРЫ ИЗМЕНЧИВОСТИ КЛИМАТА

Мерзликін В.Г.^{1,2}, канд. техн. наук, доц., *Болкина Г.И.¹*, *Мишин В.Н.²*,
Паршина С.А.², канд. техн. наук, доц.

¹ФГБОУ ВО «Российский экономический университет
имени Г. В. Плеханова», г. Москва, РФ

²ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет», г. Москва, РФ
merzlikinv@mail.ru

Введение. В настоящее время при проведении научно-исследовательских разработок по строительству и эксплуатации различных промышленных, транспортных и инженерно-технических объектов остро встает вопрос о прогнозировании экологического равновесия в природной среде особенно в высокоширотных и высокогорных районах РФ и других стран СНГ. Экстремальные условия на местности определяются неустойчивостью динамического и терморadiационного режимов существования гляциальных покровов (равнинных, горных, морских ледников, а также

криолитозоны). Причем многолетние снежно-ледовые массивы и мерзлые грунты занимают не менее 60 % территории.

В последние десятилетия научным сообществом интенсивно обсуждается следующий проблемный фактор теплового воздействия – парниковый эффект. По данной проблеме нет единого мнения и имеют место не до конца обоснованные прогнозные оценки развития теплового режима поверхностного нагрева и объемного перегрева природных сред.

Рассматриваемая задача особенно становится актуальной после указа Президента РФ [1], обуславливающего начало интенсивных исследований по изучению последствий от реализации правил Европейского пограничного корректирующего механизма и энергетического перехода для торгово-экономического сотрудничества, развития углеродного рынка в России и его адаптации к европейской и другим системам торговли углеводородными единицами. Обсуждается формируемая российская аргументации по защите интересов РФ и стран СНГ, особенно, против ввода пограничного налога в 2019 г. «Европейского Зеленого курса» [1, 2].

Разрабатываемая ЕС концепция противодействия климатическим изменениям базируется на разрешительных квотах на выбросы парниковых газов, как для стран союза, так и для их партнёров. Но в реальности осуществлённая релокация предприятий энергоемких отраслей европейскими компаниями (завершенная 10-20 лет назад) была вызвана, прежде всего, соображениями экономии на трудовых резервах и на чисто природоохранных мероприятиях.

Влияние парникового эффекта на глобальное потепление требует по-прежнему более аргументированных концепций. При этом известна оценка планетарного вклада в парниковый эффект паров воды (90%), природной и техногенной компонент углекислого газа (5 %). Несомненно, загрязнение атмосферы парниковыми газами – является нежелательным процессом, но он дает антропогенный вклад ~ 1 % [2-4]. Более надежным инструментарием наблюдения климатических изменений могла бы стать традиционная сеть метеорологических станций, но дополненная аппаратурой прецизионной терморadiационной диагностики и индикации и прежде всего для гляциальных сред.

Основная часть. В природе наиболее нестабильными являются процессы таяния, тепловой деструкции различного рода ледников и криолитозоны [3, 4]. Гляциальные среды являются наиболее доступными объектами изучения при оценке подвижек и теплоэнергетического баланса. Но обычно не исследованными являются терморadiационные характеристики: альbedo, показатели поглощения и рассеяния. Хотя именно эти параметры могут даже искусственно регулироваться [5, 6].

Районы России и стран СНГ, где срочно требуется решать проблемы сохранения окружающей среды – это полярные и субполярные области, а также засушливые южные районы. Несколько иное положение склады-

вается в зонах высокогорных и морских ледников, которые, как и вечная мерзлота чрезвычайно чувствительны к климатическим колебаниям. Поэтому современные метеонаблюдения, дополненные терморационной диагностикой способны обеспечить самую оперативную постановку краткосрочных прогнозных оценок, прежде всего для подвижек гляциальных покровов.

Например, загрязнение Гольфстрима после нефтяного разлива в 2010 г. в Мексиканском заливе существенно изменило оптику и температурный профиль океана по глубине, что позволило авторам предсказать редкое замерзание Кольского залива в феврале 2011 г. [7] в результате ограниченного по глубине солнечного облучения.

Таким образом, актуальна задача получения оперативных оценок изменчивости климатических условий, влияющих на факторы стабильного теплового режима природной среды, которая будет предназначена для экономически эффективного освоения и последующей эксплуатации соответствующих инженерно-технических объектов с учетом требований по промышленной безопасности инженерно-технического персонала.

Это требует оценки физического состояния контрольной испытательной площадки тестируемой гляциальной среды, свойства которой должны фиксироваться средствами неразрушающего контроля.

Требуется разработка экспериментальной методологии штатного контроля изменений физических характеристик и параметров теплообмена таких природных сред как мерзлые грунты, территориальные снежно-ледяные образования и морские льды. Для получения итогового конвективно-радиационного и кондуктивного теплового баланса и формируемых терморационных и температурных полей используется различное аппаратное обеспечение. Но для оперативной оценки теплового состояния гляциальной среды будет достаточно учитывать терморационные индикаторы нагрева в оптическом и ИК диапазонах: коэффициенты отражения до 99 %, показатели поглощения $\sim 0,01-1 \text{ м}^{-1}$ и рассеяния до 100 м^{-1} , существенно изменяющиеся в процессе абляции [3-4, 7].

Заключение. Различные ледники и криолитозона являются чуткими индикаторами изменения своего физического состояния и окружающей территории, что обуславливает гигантскую геологическую работу в природной среде. Введение новых ключевых терморационных гляциологических индикаторов обусловит более достоверный и оперативный прогноз изменения характеристик природных сред и влияния на эволюцию климата.

Список литературы

1. Грушевенко Е. Моделирование сценариев декарбонизации и адаптации: роль в принятии политических и экономических решений / Е. Грушевенко. – Сколково, Московская школа управления. Май 2021.

2. Котляков В. М. Наступление эпохи похолодания и новый ледниковый период. 2019. «БИЗНЕС Online». URL: <https://www.business-gazeta.ru/article/451128> (дата обращения: 30.06.2022).
3. Bystrov A., Merzlikin V., et al. Radiant overheating of semitransparent glacier cover // Proc. of IEEE ICACEN 2019, Xiamen, Fujian, 20 – 22 Dec 2019. IEEE Xplore Digital Library, 2020, 9042093. Pp. 90-93. DOI: 10.1109/ICACEN48424.2019.9042093.
4. Merzlikin V. G., et al. Thermal regime of frozen soils with snow covers at combined radiant and convective effects. International science and technology conference // Proc. FarEastCon2019, Vladivostok, Russia, 2019, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. V. 459. Ch.3. 2020. 459 042021. 8 p. DOI:10.1088/1755-1315/459/4/042021.
5. Мерзликин В. Г., Красс М. С. Покрытие для растапливания ледников // Патент № 917311. 1992.
6. Мерзликин В. Г., Красс М. С. Покрытие для защиты грунта от растепления // Патент № 1715964.1993.
7. Merzlikin V. G., et al. The criterial optics of oceans and glaciers with technogenic pollutions // AIP (American Institute of Physics) Conference Proc. (IRS 2016), 2017. V. 1810: 120004. DOI: 10.1063/1.4975578.

УДК 528.4

СПОСОБ ОТОБРАЖЕНИЯ ЛИНИЙ ТЕКТОНИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ ТЕРРИТОРИИ ДНР НА 3D МОДЕЛИ ПЛАНЕТЫ ЗЕМЛИ

Несова А.В., Шеставин Н.С., канд. техн. наук, **Хархордин Е.В.**
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
arina.nesova@gmail.com, gekaharhordin@gmail.com, n.shestavin@mail.ru

Введение. Литосферные плиты, из которых состоит верхний слой твердой оболочки нашей с вами планеты, находятся, как известно в постоянном движении. Это движение литосферных плит, когда они ползут друг на друга, в другом месте – расходятся, называются тектоническими разломами. В местах этих разломов образуются вулканические и тектонические сейсмические активные зоны, которые причиняют людям, проживающих на этих участках неудобство. Для правильного сопоставления данных по тектоническим разломам и территории, которая интересует пользователей, исследователей для дальнейшего использования предлагается применение готовой к использованию 3D модели планеты Земли, и данных тектонических разломов [1].

Основная часть. Эти данные представлены в виде баз данных карт тектонических разломов наложенных на геоинформационные карты Земли, они должны быть ключевыми при учете выбора места для строительства будущих зданий и сооружений. Одной из таких баз данных (БД) является БД об активных разломах Евразии, являющийся разработкой Геологического института РАН Лаборатории неотектоники и современной геодинамики.

База данных об активных разломах Евразии (БД), включила в себя в материал, от многих исследователей, также тех, то является авторами БД. Она состоит из информации о географически привязанных объектов – разломов, зон разломов и связанных с ними структурных форм с признаками последних перемещений в позднем плейстоцене и голоцене. Численность данных в БД превышает 20 тысяч объектов. Масштаб, в котором составлена БД, – 1:500000, а базовый демонстрационный масштаб – 1:1000000 [2].

Данные представляют собой shape-файл. Shape-файл представляет собой популярный векторный формат географических файлов и хранит в себе различные типы геометрических объектов таких как: точки, мультиточки, линии, ломаные, многоугольники и т.д., а также атрибуты к ним в виде описания их, например: название, температура, глубина.

Для удобства работы с данными и наглядного представления работы был предложен следующий алгоритм:

1. На первом шаге происходит считывание географических данных из шейп-файла и преобразование их в вектор геошаблона для удобства использования.

2. На втором шаге изучаем количество элементов и выводим на экран первый элемент, находим количество уникальных мест.

3. На третьем шаге отобразим линии разломов на двухмерной карте. (рис. 1) Построим географическую ось с помощью команды `geoaxes` и нанесём данные на карту с помощью другой команды `geoplot`. Географическая ось поддерживает одиннадцать различных базовых карт. Для визуального контраста выбираем "darkmode" (streets-dark), т.е. карта представлена в максимально темных тонах, для удобства просмотра линий разломов.

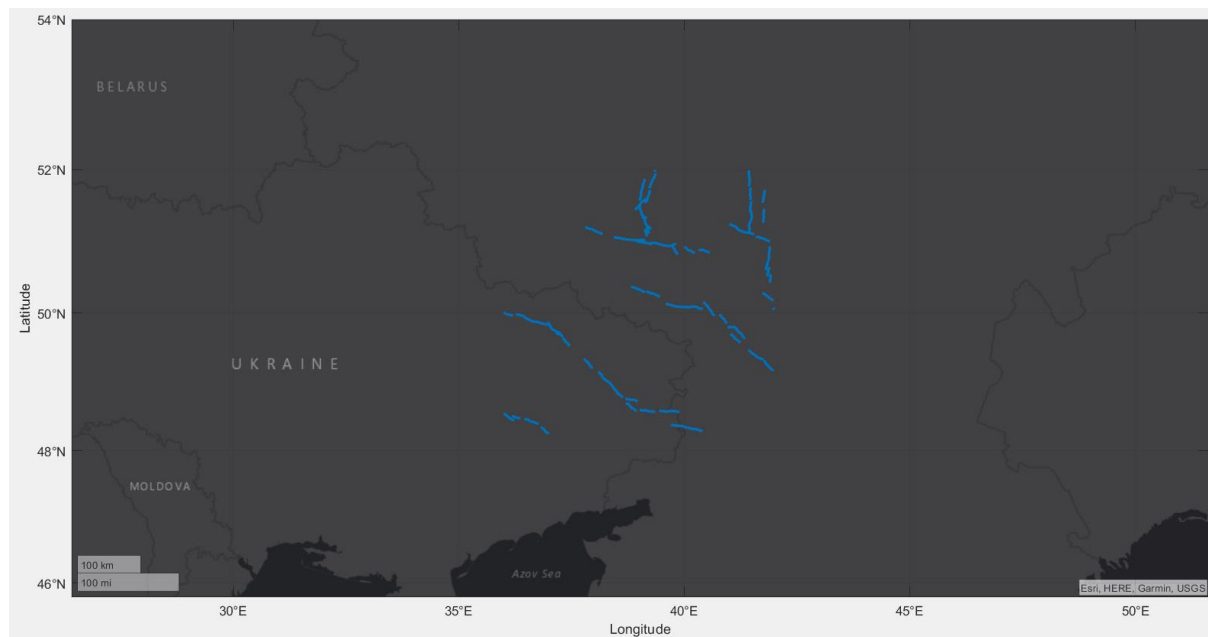


Рис. 1. Отображение линии разломов на двухмерной карте

4. На четвертом шаге отображаем линии разломов на трехмерной модели Земли. Трехмерные визуализации с рельефом местности дают больше контекста для линий разломов. Двухмерная карта выполнена в системе координатной проекции Web Mercator, что приводит к искажению масштаба. Создаём географический глобус с помощью команды `geoglobe` и строим график данных с помощью команды `geoplot3`. Линии разломов содержат множество различных сегментов, а не одну непрерывную линию. Для поиска разлома используем свойство `NAME`.

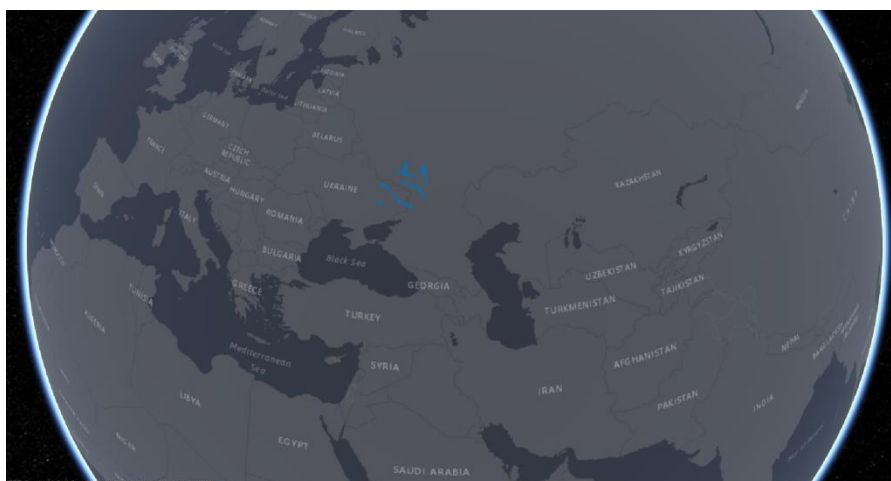


Рис. 2. Отображение линий разломов на трехмерной модели Земли

5. Далее на пятом шаге используем `addCustomBasemap`, чтобы добавить использование карты Open Topo Map в геоосях и географическом глобусе. Задаем для параметра `Basemap` имя пользовательской базовой карты

6. Далее на шестом шаге строим модель Земли в трехмерной плоскости, для этого устанавливаем для параметра `Terrain` значение «`gmted`», чтобы использовать глобальные данные о рельефе местности с множественным разрешением. Этот набор данных имеет пространственное разрешение 250 метров.

Заключение. Предложенный алгоритм позволяет, нанести линии тектонических разломов на двумерные географические оси и трехмерную модель Земли, для лучшей визуальной демонстрации и удобства пользователей при проведении дальнейших исследований в области наблюдений за земной поверхностью.

Список литературы

1. Корчуганова Н. И. Дистанционные методы геологического картирования: учебник // Н. И. Корчуганова, А. К. Корсаков. – М.: КДУ, 2009 – 288 с.
2. База данных активных разломов Евразии (и прилегающих акваторий) // [Официальный сайт Геологического института РАН Лаборатории неотектоники и современной геодинамики, Москва, Россия]URL: <http://neotec.ginras.ru/database.html> (дата обращения: 01.04.2022).

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КЕРАМИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ ПРИ ОЧИСТКЕ ШАХТНЫХ ВОД

Прилипко С.Ю., канд. техн. наук, *Кудрявцев Ю.А.*, *Брюханова И.И.*,
Головань Г.Н., *Глазунова В.А.*, *Бурховецкий В.В.*

ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, РФ
suprilipko@mail.ru

Введение. В работе ставилась задача получения пористой керамики с равномерным распределением пор субмикронного размера, пригодной для применения в качестве фильтров.

Основная часть. Для получения нанодисперсного оксида алюминия применялся способ химического осаждения раствором аммиака из раствора сульфата аммония с последующим прокаливанием [1]. В зависимости от температуры прокаливания получались порошки различной дисперсности и фазового состава, из которых спечены образцы пористой керамики с равномерным распределением пор субмикронного размера, пригодной для применения в качестве фильтров (рис. 1).

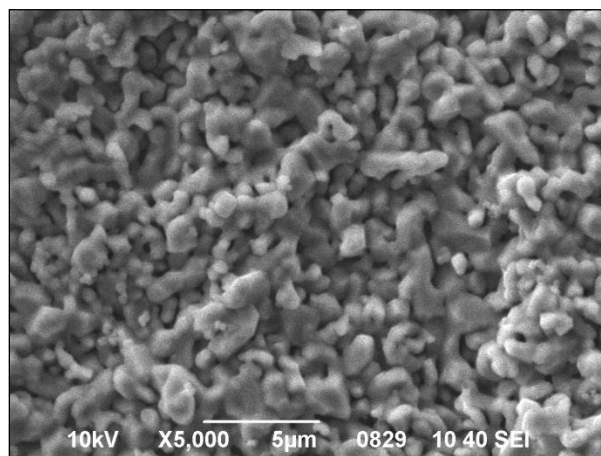


Рис. 1. Структура полученного высокопористого (пористость 60 %) керамического образца Al_2O_3 при различном увеличении микроскопа

Для измерения фильтрующей способности полученной керамики применялась суспензия дезагрегированного нанопорошка углерода с минимальным размером частиц 50 нм в воде. Полученные результаты сравнивались с результатами очистки, полученными при помощи фильтровальной бумаги «синяя лента» (рис. 2). Установлена возможность отделения даже тех частиц, размер которых позволяет проходить через поры фильтровальной бумаги. Углеродные наночастицы не забивали керамический фильтр, не проникали вглубь его структуры, оставаясь исключительно на поверхности.

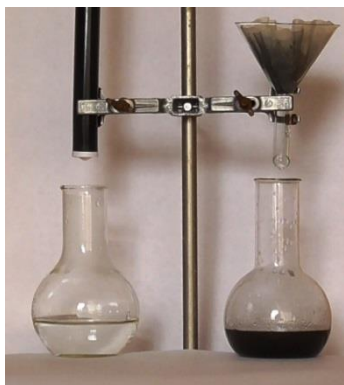


Рис. 2. Фильтрующая способность нанопористой керамики

Аналогичные исследования были проведены для пробы шахтной воды, состав которой приведен на рис. 3.

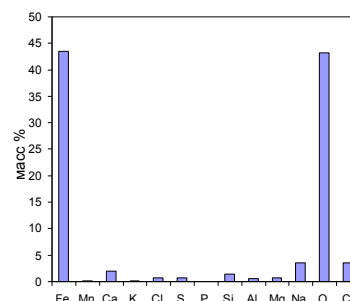
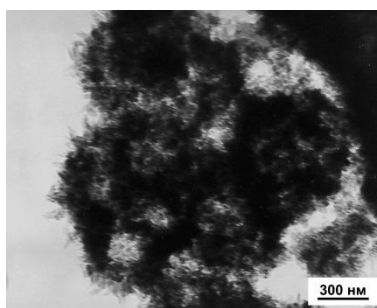
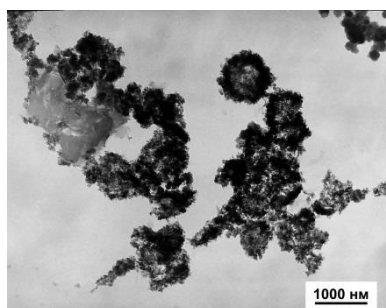


Рис. 3. Состав шахтной воды

В обоих случаях после фильтрования вода стала прозрачной и бесцветной. Успешно отделены все твердые частицы, в том числе размером менее 50 нм. Очистка фильтра, применявшегося для отделения углеродных наночастиц, проводилась прокаливанием при 1000°C. Фильтр, использовавшийся для очистки шахтной воды, помещался в раствор лимонной кислоты для удаления солей металлов. После таких видов обработки обе керамические пластины стали пригодны для повторного использования. Исследования микроструктуры не выявили изменений после указанных обработок, также отсутствовали случаи потери массы. При повторных измерениях фильтрующей способности по-прежнему не наблюдалось твердых частиц в отфильтрованных образцах шахтной воды.

Как видно из графика (рис. 4), скорость фильтрования почти линейно растет с повышением давления воды, что, с учетом высокой прочности керамических фильтров (до 50 МПа при испытаниях на четырехточечный изгиб), дает возможность многократно повышать их производительность по сравнению с фильтрованием без давления.

При этом замечено, что при толщине фильтрующей пластины порядка 2 мм, она разрушается при давлении воды более 1 атм. Очевидно, что оптимальная толщина фильтра, с точки зрения скорости фильтрования под давлением, составляет примерно 3 мм.

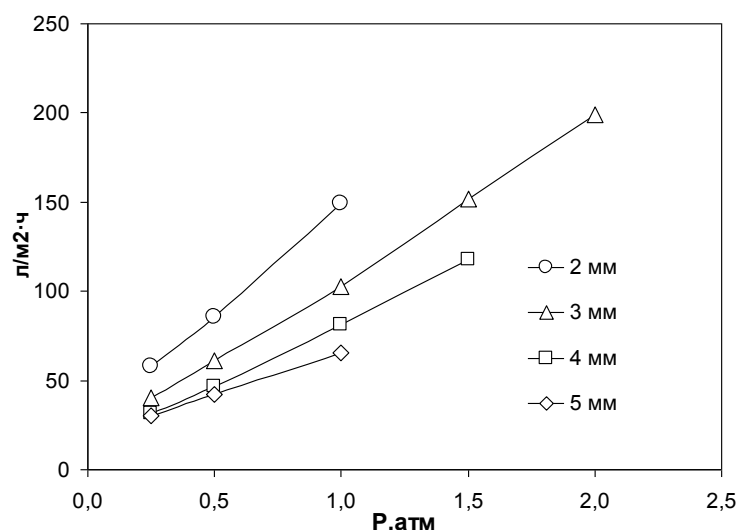


Рис. 4. Производительность керамических фильтров различной толщины в зависимости от создаваемого давления. Пористость керамики 60%, температура воды 20°C

Заключение. В результате проведенных исследований была разработана технология получения керамики с равномерным распределением пор. Структура материала позволяет фильтровать суспензии, в том числе с размером твердых частиц 50 нм.

В то же время, фильтры из высокопористого корунда обладают рядом преимуществ по сравнению с полимерными, тканевыми, бумажными или фильтрами, использующими адсорбционные свойства активированного угля: низкой стоимостью сырья, высокой химической стойкостью (не подвержены коррозии, устойчивы к воздействиям кислотам и щелочей), термической стойкостью и, как следствие, возможностью многократной термической или химической регенерации фильтрующего материала.

Список литературы

1. Прилипко С. Ю. Керамика с пористой структурой как фильтрующий материал для очистки шахтных вод / С. Ю. Прилипко, Ю. А. Кудрявцев, И. И. Брюханова, Г. Н. Головань, В. А. Глазунова, В. В. Бурховецкий // Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: матер. VI Междунар. научн. конф. (Донецк, 26–27 октября 2021 г.). – Том 2 – Физические и технические науки. – Донецк: ДонНУ, 2021. – С. 64–66. – URL: http://donnu.ru/public/files/Том 2 – Физические и технические науки_0.pdf (дата обращения: 26.09.2022).

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА ВЫДЕЛЕНИЯ СВИНЦА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ СКА

Рипная М.М., Сердюк А.И., д-р хим. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, РФ
yalalova-rita@mail.ru

Введение. Известно большое количество методов извлечения тяжёлых металлов из сточных вод производства по переработке свинцово-кислотных аккумуляторов (СКА), это: электрохимические, реагентные, биохимические, мембранные, сорбционные, комбинированные [1].

Во многих работах описано выделение свинца электролизом из водных растворов электролитов, в том числе сточных вод. Процесс, описанный в работе [2], был запатентован во многих странах (США, Канаде, Мексике, Бельгии, Франции, Великобритании, Италии и др.).

В настоящее время электрохимические методы выделения тяжелых цветных металлов из сточных вод производства по переработке СКА находят все более широкое применение. К ним относятся процессы анодного окисления и катодного восстановления, электрокоагуляции, электрофлокуляции и электродиализа [3]. Все эти процессы протекают на электродах при пропускании через раствор постоянного электрического тока.

Несмотря на успехи применения электролиза для очистки сточных вод от тяжелых металлов (в том числе и свинца) не ясны граничные условия, при которых возможно использование этого метода.

Основная часть. В процессе промывки катодов, извлеченных из электрохимических ванн, на катоде откладывается 2 г/м^2 электролита. Наиболее распространенными электролитами для свинцевания и переработки отработанных свинцово-кислотных аккумуляторов (СКА) являются борфтористоводородные, состоящие из свинцовой соли борфтористоводородной кислоты, борфтористоводородной кислоты и поверхностно-активных веществ (ПАВ) [4]. Водные растворы, полученные после промывки катодов с выделенным на них свинцом, содержат разную концентрацию компонентов электролита.

Для электрохимического извлечения свинца из промывочного раствора основной характеристикой является допустимая катодная плотность тока [5]. Скорость выделения свинца на катоде прямо пропорциональна величине допустимой катодной плотности тока. В связи с этим изучили влияние концентрации борфтористоводородного свинца (С, г/л) в растворе на допустимую катодную плотность тока (D_k , А/м^2).

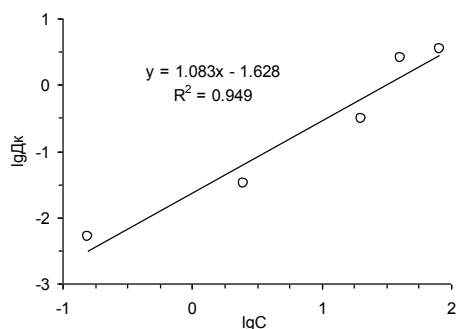


Рис. Зависимость допустимой плотности тока от концентрации соли свинца в растворе

Из результатов полученных на рисунке видно, что зависимость D_k от C выравнивается в двойных логарифмических координатах. Прямая была обработана по методу наименьших квадратов и полученное уравнение 1, позволяет описать зависимость D_k от C с удовлетворительным коэффициентом корреляции равным 0,95, имеющая следующий вид, приведенный на рисунке 1. Исходя из этого уравнения, допустимая плотность тока будет равна:

$$D_k = 10^{(1,083 \times \lg C - 1,628)} \quad (1)$$

При этом на катоде происходит следующая реакция:



Эта реакция имеет второй порядок и, соответственно, при разбавлении электролита равновесие будет сдвигаться в левую сторону, т.е. этим объясняется наблюдаемое уменьшение D_k по мере разбавления электролита.

Уравнение 1 позволяет рассчитать значение D_k при разных концентрациях соли свинца в растворе (табл.).

Таблица

Влияние концентрации соли свинца в электролите на рассчитанную катодную допустимую и рабочую плотности тока

$C_{Pb^{2+}}$, г/л	$\lg D_k$	D_k , А/м ²	D_p , мА/м ²
10^{-2}	- 3,79	0,00016	$12800 \cdot 10^{-5}$
10^{-3}	- 4,88	0,000013	$1040 \cdot 10^{-5}$
10^{-4}	- 5,9	0,0000012	$96 \cdot 10^{-5}$
10^{-5}	- 7,043	$10^{-8} \cdot 9,05$	$8 \cdot 10^{-5}$

Приведенные результаты, показывают, что относительно низкие значения D_k наблюдаются при концентрации соли свинца в промывочном растворе при концентрации 160 мг/л и ниже. При этом, при такой концентрации соли свинца в растворе понижается выход по току, по-видимому, за счет затрат тока на преодоление электрического сопротивления разбавленного дистиллированной водой электролита.

Также увеличиваются расходы электрической энергии на выделение единицы массы свинца при исходной концентрации соли свинца равной 160 мг/л по сравнению с концентрацией соли свинца равной 2500 мг/л при их значениях равных соответственно 1,3 кВт/кг по сравнению с 0,27 кВт/кг. Следовательно, считаем целесообразным выделение свинца на катоде электролизом при концентрации равной 2500 мг/л и выше, при которой также наблюдается достаточной высокий выход по току.

По-видимому, при концентрации соли свинца в растворе ниже 2500 мг/л, будет целесообразно проводить химическое осаждение солей свинца из разбавленных водных растворов. Наименьшая концентрация соли свинца при осаждении будет наблюдаться при рН близкой к 9.

Закключение. Таким образом, при концентрации соли свинца выше 2,5 г/л для электролитического выделения свинца целесообразно использовать электролиз, а при более низкой концентрации применять химическое осаждение при рН перехода близком к 9.

Список литературы

1. Перельгин Ю. П. Реагентная очистка сточных вод и утилизация отработанных растворов и осадков гальванических производств: учеб. пособие / Ю. П. Перельгин, О. В. Зорькина, И. В. Рашевская, С. Н. Николаева. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2013. – 80 с.
2. Лидин Р. А. и др. Химические свойства неорганических веществ: Учеб. пособие для вузов. 3-е изд., испр. – М.: Химия, 2000. – 480 с.
3. Перельман В. И. Краткий справочник химика / В. И. Перельман. – М.: Научно-техническое издательство химической литературы. Издание 4-е, стер., 2013. – 560 с.
4. Betts, Anson Gardner. Lead refining by electrolysis. – New York, J. Wiley & Sons. 2011. – 410 p.
5. Румянцева З. М. Электрохимические методы очистки природных и сточных вод / З. М. Румянцева.– М., 1971. – С. 258-259.

УДК 614.8:553.982

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ПРИ НАРУШЕНИИ ЦЕЛОСТНОСТИ НЕФТЕПРОВОДА В СЛУЧАЕ «ВЫХОД НЕФТИ НА СУШУ»

Рудь И.А., Гулько С.Е., д-р техн. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, РФ

rud.igor1987@yandex.ru

Введение. На рубеже XX–XXI столетий резко обострился процесс изменения природных комплексов под воздействием производственной деятельности человека. Совокупность геохимических процессов, связанных с извлечением их окружающей природной среды огромных

запасов природных ресурсов (ПР) и их переработкой, вызывает различные преобразования биосферы, среди которых изменение климата можно считать индикатором последствий нерационального отношения современной цивилизации к Природе.

Особенно остро стоит вопрос в области энергетики, где традиционно используются такие энергетические ресурсы, как нефть, уголь, газ, торф, причем, перечисленные виды топлива, во-первых, относятся к группе исчерпаемых и невозобновляемых ПР, а во-вторых, их технологическое использование связано с загрязнением всех сфер биосферы. Загрязнение окружающей природной среды (ОПС), сопровождаясь деградацией среды обитания человека, животного и растительного мира, в настоящее время стало комплексной проблемой ее защиты и охраны [1].

Основная часть. История использования нефти уходит корнями в далекое прошлое, когда ее в виде асфальта и битума применяли в строительстве при возведении стен Вавилона, в Древнем Египте – для бальзамирования, а в Древней Греции – в качестве топлива и для зажигательных смесей [1].

В наше время только за период с 1950 года по 2005 мировая добыча нефти возросла в 7 раз, поэтому она занимает ведущее место в мировом топливно-энергетическом балансе. Сырая нефть – это качественное сырье для получения практически всех алифатических, ароматических, нафтеновых углеводородов, а также многих других ценных и необходимых продуктов ее переработки: моторных топлив, растворителей, синтетических каучуков и волокон, пластмасс, пластификаторов, красителей, моющих средств и т.д.

Основным способом транспортировки нефти по водным артериям являются танкеры и супертанкеры, по суше сырая нефть транспортируется с помощью нефтепроводов. В связи с этим при введении в эксплуатацию объектов нефтедобывающих производств (НДП), переработки, транспортировки, хранения и реализации нефти и продуктов ее переработки на всех этапах особое внимание уделяется разработке эффективных мер по обезвреживанию отходов, сбору нефтяного (попутного) газа и минерализованной воды, а также рекультивации нарушенных почв [2].

В Постановлении Правительства Российской Федерации [3] четко обозначены цели необходимости предупреждения и ликвидации разливов нефти и защиты населения и ОПС, определены принципы формирования планов по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, как к чрезвычайным ситуациям (ЧС) различного уровня опасности.

Примером одного из объектов НДП является АО «Каспийский трубопроводный консорциум» (КТК), который относится к крупнейшим международным нефтетранспортным проектам с участием России, Казахстана и ведущих добывающих компаний еще семи различных

государств, и протяженность магистрального трубопровода которого по суше составляет 1511 км.

В июне 2021 года на 1237 км нефтепровода были проведены учения по отработке вводной «выход нефти на сушу» на нескольких нефтеперекачивающих станциях (НПС). На одном из участков НПС «Кропоткинская» состоялись плановые учения по локализации и ликвидации пожара, сопровождавшегося разливом нефти вблизи магистральной насосной. Такие учения проводятся один раз в течение 2 лет согласно плану КТК по предупреждению и ликвидации разливов нефти в случае реальных ЧС.

Основными факторами, определяющими величину ущерба, наносимого окружающей природной среде при авариях на нефтепроводах, являются:

- количество вылившейся из нефтепровода нефти и распределение ее по компонентам окружающей среды;
- площадь и степень загрязнения земель;
- площадь и степень загрязнения водных объектов;
- загрязнение атмосферного воздуха.

Для определения условного ущерба от загрязнения почвы нефтью [4] принимаем следующие условия возникновения предполагаемой ЧС:

- участок НПС «Кропоткинская» расположен в Краснодарском крае (VI зона), общая площадь НПС составляет 16,5 га, почва территории характеризуется среднемошными черноземами всех подтипов;
- объем разлива нефти – 200 м³;
- площадь загрязненной территории – 3260 м².

Величина ущерба от загрязнения почвы нефтью определяется по формуле (1):

$$У_з = K_{\Pi} \cdot K_{И} \cdot N_{С} \cdot F_{ГР} \cdot K_{Э(i)} \cdot K_{В} \cdot K_{Г}, \quad (1)$$

где $У_з$ – размер платы за ущерб от загрязнения почвы нефтью, руб.;

K_{Π} – коэффициент перерасчета в зависимости от периода времени по восстановлению земель (таблица П.7.1, [4]), $K_{\Pi} = 2,5$;

$K_{И}$ – коэффициент индексации платы ОС с изменением уровня цен на природоохранные мероприятия и строительство, $K_{И(2021)} = 1,08$;

$N_{С}$ – норматив стоимости сельскохозяйственных земель для зоны ЧС, (таблица П.7.2, [4]), $N_{С} = 341,8$ руб./м²;

$F_{ГР}$ – площадь загрязненного грунта, м², (принимаем: $F_{ГР} = 2160$ м²);

$K_{Э(i)}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории экономического района (таблица П.7.4, [4]), $K_{Э(i)} = 2,0$;

$K_{В}$ – коэффициент, который зависит от степени загрязнения земель нефтью (таблица П.7.3, [4]), $K_{В} = 0,6$;

$K_{Г}$ – коэффициент перерасчета в зависимости от глубины загрязнения земель (таблица П.7.5, [4]), $K_{Г} = 1,3$.

Заключение. Расчет экологического ущерба ($У_3$) по формуле (1) при заданных условиях возникновения «реальной» ЧС в результате нарушения целостности нефтепровода показал, что компенсационные выплаты за ущерб окружающей природной среде только за загрязнения земель нефтью для КТК могут составить 3109,67 тыс. руб.

Список литературы

1. Битум Вавилона и бамбуковые нефтепроводы Китая. Нефтяные новости Волги и Урала. – ИА «Девон», 12 апреля 2018 г. – URL: https://iadevon.ru/news/recomendations/bitum_vavilona_i_bambukovie_nefteprovodi_kitaya-7218/ (дата обращения: 16.08.2022). – Текст электронный.
2. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды: Федеральный закон № 7-ФЗ: УК: текст с изменениями на 22 августа 2004 года: [принят Государственной Думой 20 декабря 2001 года: одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года]. – Москва: Экзамен, 2004. – 47 с., 20 см, ISBN 5-472-00363-6: 5000.
3. Правительство Российской Федерации: официальный сайт. – О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов : [принят Постановлением Правительства РФ от 21 августа 2000 года № 613, с изменениями в ред. Постановления Правительства РФ от 31.12.2020 № 2451]. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://government.ru> (дата обращения: 12.09.2022). – Текст электронный.
4. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных трубопроводах / Разработана авторским коллективом ИПТЭР при участии В. А. Галкина (АК «Транснефть») и Н. Н. Лукьянчик (НИЦ «Экобезопасность»): [утв. Минтопэнерго России 1 ноября 1995 года: согласована с Департаментом Государственного Экологического контроля Минприроды России]. – Москва: Издательство «ТрансПресс», 1996. – 68 с. – Текст: непосредственный.

УДК 551.5

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЭКОСИСТЕМЫ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ВСЛЕДСТВИЕ ШКВАЛОВ И СМЕРЧЕЙ

Хазипова В.В.¹, канд. техн. наук, доц., *Липина Л.В.²*

¹ГБОУ УВО «Академия гражданской защиты МЧС ДНР», г. Донецк, РФ

²ГБПУО «Донецкий техникум сферы услуг», г. Донецк, РФ

agz@mail.dnmchs.ru, dpls@mail.ru

Введение. Среди опасных явлений погоды особое место занимают шквалы и смерчи. Редкая сеть наземных метеорологических станций в большинстве случаев не позволяет фиксировать данные явления, носящие внезапный и кратковременный характер. Главной же проблемой является то, что существующая сеть стандартных метеорологических и аэрологических станций и частота наблюдений не позволяют своевременно обнаружить особое состояние атмосферы, которое приводит к образованию смерчей и шквалов и, таким образом, решить проблему их

заблаговременного предсказания. На европейской территории шквалы наблюдаются ежегодно и повсеместно. Смерчи гораздо реже.

Источниками чрезвычайных ситуаций природного характера на территории Донецкой Народной Республики являются опасные метеорологические явления и процессы такие как: сильные ветры, конвективные явления локального характера, особенно в комплексе – сильные ливневые дожди, грозы, град, шквалы.

В физике атмосферы шквалом называется внезапное резкое усиление ветра на 8 м/с и более до 25 м/с за короткий промежуток времени. Продолжительность шквала от одной минуты до полутора часа [1]. Шквал считается опасным явлением погоды, который наносит немалый ущерб экономике и экосистемам Донецкой Народной Республики.

Цель исследования – выявление природы опасных явлений погоды, связанных с зонами активной конвекции.

Задачи исследования:

- исследовать физические условия образования шквалов, смерчей;
- проанализировать изменчивость конвективных явлений погоды в Республике и рассмотреть возможные мероприятия по минимизации негативных последствий метеорологического характера.

Основная часть. Шквалы и смерчи относятся к числу опасных проявлений атмосферной конвекции, в результате деятельности которой возникают кучево-дождевые облака и на расстоянии нескольких километров от них возникает сильная турбулентность. Анализ параметров конвекции подтверждает, что доминирующую роль в образовании конвективных явлений природы играет неустойчивость атмосферы, которая характеризуется: резким контрастом температур, влажности, плотности воздушных потоков. Для анализа неустойчивости атмосферы используют потенциальную энергию (CAPE) – коэффициент, характеризующий неустойчивость атмосферы.

CAPE определяется по следующей формуле:

$$CAPE = g \int_{LFC}^{EL} \frac{1p-1}{T} dz,$$

где g – ускорение свободного падения; T_p и T – виртуальная температура на уровне p в поднимающейся частице и в окружающем воздухе соответственно; LFC – уровень конденсации; EL – уровень конвекции.

Слабая неустойчивость атмосферы – (CAPE) 0 – 1000 Дж/кг; умеренная – (CAPE) – 1000-2500 Дж/кг; сильная неустойчивость (CAPE) – 2500-3500 Дж/кг; очень сильная неустойчивость (CAPE) > 3500 Дж/кг.

Значительная повторяемость числа дней с неустойчивой атмосферой, свойственная территории ДНР. В табл. 1 приведена повторяемость (%) числа дней с устойчивой и неустойчивой атмосферой в зависимости от расчетного численного значения CAPE.

Таблица 1

Повторяемость (%) числа дней с устойчивой и неустойчивой атмосферой

CAPE, Дж/кг	Месяц			
	Май	Июнь	Июль	Август
CAPE>0	34,1	51,6	57,4	48,9
CAPE=0	65,9	48,4	42,6	51,1

Анализ интенсивности конвекции согласно данных табл. 1 показал, что в теплое время года наблюдается преимущественно слабая конвекция.

Повторяемость числа дней с наблюдаемыми конвективными явлениями представлена в табл. 2.

Таблица 2

Повторяемость (%) числа дней с наблюдаемыми конвективными явлениями

CAPE, Дж/кг	Месяц			
	Май	Июнь	Июль	Август
0-500	15,1	21,0	20,0	19,1
500-1000	0,8	2,0	2,43	1,8
1000-2500	0,3	0,99	1,51	1,06
>2500	0,05	0,14	0,22	0,06

Умеренная и очень сильная конвекция наблюдается преимущественно в июле (табл. 2). Вероятность возникновения шквала и смерчей увеличивается с дальнейшим ростом энергии. В табл. 3 приведены особенности развития конвективных явлений.

Таблица 3

Особенности развития конвективных явлений

Стихийное метеорологическое явление	CAPE, Дж/кг	Массовая доля водяных паров
Ливень	610,7	11,3
Град	834,2	11,3
Шквал	896,1	11,7
Смерч	1080,2	12,8

Таким образом, в теплый период года имеет тенденция увеличения средней температуры и влагосодержания, что обуславливает рост конвективно доступной потенциальной энергии восходящих потоков. Вследствие возможного увеличения конвективно доступной потенциальной энергии восходящих потоков вероятно образование кучево-дождевых облаков. Наличие вертикальных потоков способствует образованию шквалистого ветра с горизонтальной осью перемещения шквального кучево-дождевого облака (рис.).

В случае угрозы возникновения стихийных метеорологических явлений гидрометеорологическая служба МЧС ДНР проводит оповещение населения и организации о возникновении опасных природных явлений используя для этого средства массовой информации. Наиболее опти-

мальным прибором, позволяющим определить структуру и физические характеристики линии шквалов является метеорологический радар.

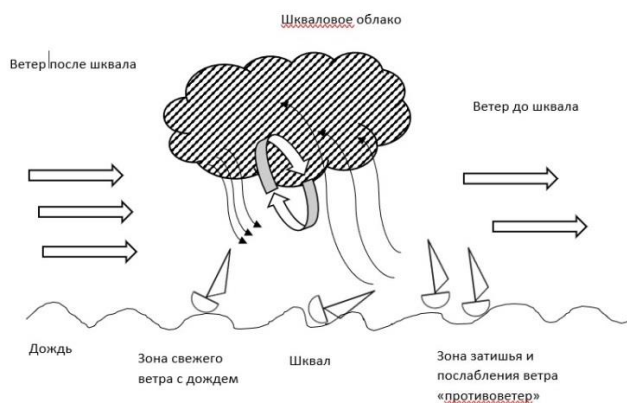


Рис. Схема циркуляции потоков в кучево-дождевом облаке при шквале

Заключение. Опасные явления погоды, связанные с интенсивной конвективной деятельностью вероятны для экосистем ДНР. Важнейшей задачей всех прогностических подразделений является составление и доведение до организаций и населения прогнозов и предупреждений о возникновении опасных природных явлений и стихийных бедствий с максимально возможной заблаговременностью.

Список литературы

1. Болтыров В. Б. Опасные природные процессы : учебное пособие [для вузов] / В. Б. Болтыров. – М.: КДУ, 2010. – 292 с.

УДК 640.43

ПОЖАРЫ В ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

Хазипова В.В., канд. техн. наук, доц.,

Мнускина Ю.В., канд. хим. наук, доц.

ГБОУ УВО «Академия гражданской защиты МЧС ДНР», г. Донецк, РФ
agz@mail.dnmchs.ru

Введение. Сегодня в век технического прогресса происходит множество различного рода чрезвычайных ситуаций, связанных с гибелью людей, разрушением материальных ценностей. Все более актуальной становится тема чрезвычайных ситуаций природного характера. К чрезвычайным ситуациям природного характера относятся и природные пожары. Природный пожар – неконтролируемый процесс горения, стихийно возникающий и распространяющийся в природной среде.

Степи являются составной частью природных экосистем, национальным богатством и важным ресурсом для обеспечения экологической и экономической безопасности Донецкой Народной Республики. При пожарах в степной зоне в огне сгорают не только степи, но и злаковые культуры. Степные пожары относятся к природным пожарам.

Поэтому возникает необходимость исследования природных пожаров, распространение их в природной среде, экологические последствия, а также вопросы минимизации негативного воздействия на среду обитания.

Цель работы – минимизация экологических последствий природных пожаров на территории Донецкой Народной Республики.

Задачи исследования:

- проанализировать условия возникновения и распространения природных пожаров на территории Донецкой Народной Республики;

- рассмотреть возможность применения нового комплексного подхода к определению текущей пожарной опасности по условиям погоды для природных экосистем ДНР;

- разработать предложения по минимизации экологических последствий природных пожаров на территории Донецкой Народной Республики.

Основная часть. В природных экосистемах Донецкой Народной Республики наиболее пожароопасными являются территориальные массивы, расположенные на землях городов Донецка, Снежного Тореза, Амвросиевского, Тельмановского, Новоазовского районов. Общая площадь земель сельскохозяйственного и лесохозяйственного назначения в Республике составляет 51,1 тыс. га. Очаги первых природных пожаров на территории ДНР могут возникать в третьей декаде апреля с момента схода снежного покрова. В летний период количество природных пожаров увеличивается. Среднегодовые показатели пожаров в природных экосистемах свидетельствуют, что наибольшая напряженность пожароопасных сезонов по условиям погоды приходится на август месяц.

Структура пожаров в природных экосистемах, предусматривающая среднегодовые значения за 7 лет, включает в себя: лесные пожары – 21 %; пожары степных массивов и камыша – 50 %; пожары стерни на территориях сельскохозяйственного назначения – 28 %; пожары на заповедных территориях и объектах особого природоохранного значения – 1 %. Республика, располагаясь в степной зоне, практически не имеет целинных степных участков. В настоящее время основная часть степных пространств преобразована в поля под сельскохозяйственные культуры. Оставшиеся нераспаханные земли используются под выпасы и сенокосы. Здесь преобладает степная растительность. В связи с распадом крупных совхозов на мелкие фермерские и крестьянские хозяйства, сокращением посевных площадей, а также поголовья крупного и мелкого рогатого скота большинство земель осталось не востребованными. На таких брошенных землях растут лишь одни сорняки, которые в конце вегетации представляют собой хороший горючий материал. При наличии условий,

способствующих загоранию этих материалов и источника огня природный пожар неминуем. Наибольшее количество пожаров за последние пять лет произошло в 2017 году около 50 единиц в Старобешевском районе. Осуществлять каждый день в течение всего пожароопасного сезона наблюдение всей природной экосистемы экономически невозможно. За уровнем пожарной опасности необходимо наблюдать по условиям погоды. Критерием наступления высокой пожарной опасности для природных экосистем служат соответствующие значения показателя пожарной опасности (ППО), определенные по условиям погоды [1]. ППО, предложенный Нестеровым, рассчитывается путем ежедневного суммирования – нарастающим итогом, произведения температуры воздуха, по сухому термометру, на дефицит влажности воздуха в 12 часов местного или 13 часов декретного времени. При выпадении 2,6 мм осадков и более, ППО предыдущие дни уменьшается до нуля, а затем вычисляется как обычно. На рис. представлено распределение в (%) случаев появления различных классов опасности для Республики.

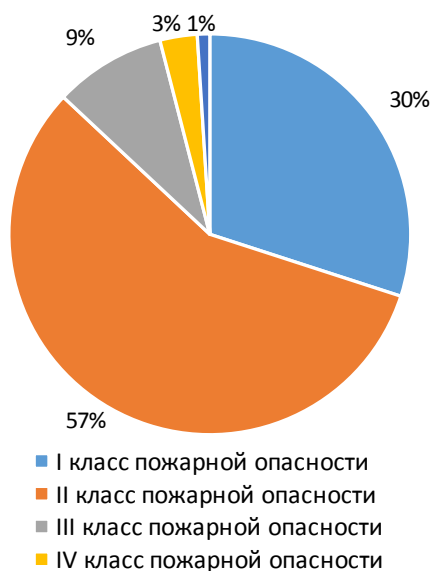


Рис. Классы пожарной опасности для природных экосистем Республики

Данные секторной диаграммы (рис.) свидетельствуют, что для природных экосистем ДНР в основном свойственен второй класс пожарной опасности с умеренным уровнем угрозы (57%). Последствия природных пожаров всегда имеют негативный характер. Неконтролируемое распространение огня наносит не только экономически значимый урон, но и имеет страшные последствия для окружающей среды.

К основным экологическим последствиям природных пожаров на территории Республики относятся: изменение климата, освещенности, температуры, нарушение гидрологического режима ландшафтов, образование кислотных дождей, разрушение почв, уменьшение количества солнечной радиации, ухудшение здоровья человека.

Ежегодно население получает различные дозы отравления продуктами сгорания. Продукты горения представляют собой многочисленные по химическому строению и токсичности соединения. Наиболее распространенными являются оксиды углерода, серы азота. В ближайших окрестностях зоны горения и в самой зоне горения нанесение вреда объектам, находящимся в опасной близости неизбежно.

Для расчета интенсивности рассеивания продуктов горения на территории применяется компьютерная программа, разработанная на кафедре естественнонаучных дисциплин Академии гражданской защиты МЧС ДНР. С этой целью в компьютерную программу необходимо ввести численные значения интенсивности залпового выброса продуктов горения (М, г/с); степень вертикальной устойчивости воздуха, которая характеризуется тремя состояниями атмосферы в приземном слое: инверсией, конвекцией и изотермией. По результатам расчета должны быть построены карты рассеивания с нанесенными изолиниями в долях ПДК, что позволит определить приземные концентрации продуктов горения на любом расстоянии от источника горения.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха характеризует интегральный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА). Уровень загрязнения атмосферного воздуха продуктами горения определяется в соответствии с четырьмя установленными категориями ИЗА. Расчетное значение этого показателя для условий ДНР в случае природных пожаров находится в интервале от низкого до повышенного уровня.

Для минимизации экологических последствий природных пожаров рекомендуется разработка мероприятий по организации минерализованных полос, профилактике и проведение экомониторинга.

Заключение. Природные пожары в ДНР – это актуальная проблема на сегодняшний день. Анализ сезонного распределения природных пожаров показывает, что их возникновение тесно связано с климатическим фактором.

Список литературы

1. Залесов С. В. Лесная пирология: учебник / С. В. Залесов; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – 4-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург, 2021. – 396 с.

ОСОБЕННОСТИ ГАЗОВОГО КОНТРОЛЯ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АНАЛИЗАТОРОВ МЕТАНА АТ 1.1 И АТ 3.1

Шатилюк А.В., Медведев В.Н., д-р техн. наук, проф.
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, РФ
mailbox@donnasa.ru

Предупреждение опасности взрыва рудничного газа является одним из основных вопросов безопасности, от решения, которого в значительной степени зависит своевременное обнаружения природных и техногенных опасностей, тенденций их развития и поддержания безопасного аэрогазового состояния. Контроль концентрации метана в газовых шахтах должен осуществляться во всех выработках, где может выделяться или накапливаться метан. Учитывая эти обстоятельства, допускается применение электрооборудования в данных условиях, если предусматривается автоматическое защитное отключение электроэнергии стационарной аппаратурой контроля содержания метана [1]. Для непрерывного местного и централизованного контроля метана, выдачи сигнала на автоматическое отключение электрической энергии от электрооборудования при достижении предельно допустимой объемной доли метана применяются анализаторы метана АТ 1.1, АТ 3.1 [2].

Цель данной статьи состоит в раскрытии специфических особенностей газового мониторинга в угольных шахтах, осуществляемого с применением анализаторов метана АТ 1.1, АТ 3.1.

При соблюдении установленных регламентов обслуживания отказ анализаторов или несрабатывание сигнализации о наличии недопустимой концентрации метана может происходить по причинам:

- недостаточной надежности аппаратуры;
- изменения чувствительности термокаталитических датчиков в результате термического перегрева чувствительных элементов или отравления катализатора;
- несанкционированного вмешательства в работу средств защиты;
- неоднозначности срабатывания анализаторов.

Недостаточная надежность используемых на шахтах анализаторов метана в первую очередь обусловлена применением физически устаревших средств, которые выработали свой ресурс. Это объясняется кризисным состоянием угледобывающей отрасли и отсутствием финансированием для приобретения нового оборудования [3].

Изменение чувствительности датчиков анализаторов, обосновано значительным повышением температуры каталитически активного

(рабочего) элемента (20-30°C на 1 об. % CH₄). Это создает относительно высокую чувствительность датчиков, но при высоких концентрациях метана вызывает ускоренное старение чувствительного элемента, нелинейность датчика и часто приводит к потере чувствительности. К этому же ведет отравление катализатора различными примесями рудничного воздуха, которые в значительном количестве образуются при пожарах и взрывных работах, например серосодержащими газами [2].

Несанкционированное вмешательство в работу анализаторов с целью невыполнения функции по отключению оборудования при превышении допустимых концентраций метана в горных выработках, чаще всего проявляется в шунтировании линий связи между датчиками и аппаратами сигнализации, а также путем ограничения диффузии контролируемой среды к чувствительным элементам датчиков. При совершенствовании анализаторов метана АТ1-1 и АТ3-1 проблема обнаружения шунтирования линий связи была в определенной мере решена [4], однако случаи несанкционированного вмешательства в работу средств АГК в настоящее время продолжают наблюдаться (заливка газодиффузионного фильтра водой, заворачивание датчиков метана в мокрую одежду и т.п.)

Неоднозначность срабатывания анализаторов может привести к ошибочному включению машин и механизмов при наличии взрывоопасной концентрации метана. Она наблюдается у рассматриваемой аппаратуры при концентрации метана свыше 5 об.%. Учитывая это в ГОСТ 24032-80 [5], была заложена норма по однозначности срабатывания защиты. В соответствии с требованиями ГОСТ предусматривались испытания метанометров на однозначность показаний или срабатывания отключающего устройства. Однако до последнего времени в существующих анализаторах метана АТ 1.1 и АТ 3.1 это требование в полной мере не было реализовано заводом-изготовителем.

Таким образом, при решении вопросов обеспечения безопасности труда по газовому фактору в угольных шахтах, оснащенных анализаторами метана АТ 1.1 и АТ 3.1, необходимо учитывать специфические особенности этой аппаратуры, которые раскрыты в данной работе.

Список литературы

1. НПАОТ 10.0-5.48-19. Инструкция по аэрогазовому контролю на угольных шахтах и обогатительных фабриках. – Донецк, 2019. – 61с. – (Нормативно-правовой документ Гортехнадзора ДНР).
2. Карпов Е. Ф. Автоматическая газовая защита и контроль рудничной атмосферы / Е. Ф. Карпов, И. Э. Биренберг, Б. И. Басовский.– М.: Недра, 1984. – 285 с.
3. Медведев В. Н. Применение метанометрической техники, отработавшей расчетный срок службы, для мониторинга рудничной атмосферы / В. Н. Медведев // Пути повышения безопасности горных работ в угольной отрасли: вторая международная науч.-практ. конф.: тезисы докл. – Макеевка: МакНИИ, 2007. – С. 45-47.
4. Приходько В. М. Предотвращение несанкционированного вмешательства в работу аппаратуры автоматического контроля метана / В. М. Приходько, В. Н. Медведев,

- Е. В. Беляева // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. науч. тр. МакНИИ – Макеевка, 1998. –С. 320-323.
5. Приборы шахтные газоаналитические. Общие технические требования. Методы испытаний: ГОСТ 24032-80 (СТ СЭВ 6450-88). – [Введен 1989-12-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 36 с.

УДК 504.054

ОЦЕНКА ЛАТЕРАЛЬНОГО И РАДИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ ГОРНОЙ АДЫГЕИ

Ширяева А.А., Бураева Е.А., канд. хим. наук, доц.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, РФ
anastasia.shiryayeva00@mail.ru

Введение. На человека всю его жизнь воздействует ионизирующего излучение за счет естественных источников радиоактивного излучения, деятельности предприятий медицинских диагностических исследований и т.д. [1]. Благоприятный радиационный фон очень важен для здоровья человека – высокие показатели гамма-фона чреваты такими неприятными последствиями, как ухудшение иммунитета, снижение рождаемости, могут спровоцировать рак [2-4].

Поэтому важной задачей является мониторинг окружающей среды, особенно радиоэкологический. Данный мониторинг позволяет исследовать различные объекты окружающей среды, такие как: почва, растения, наземные и водные системы, биогеоценозы.

В Майкопском районе Республики Адыгея существует множество радиоактивных аномалий, находятся диаметрально противоположные породы. Также это туристический, рекреационный район, в котором много баз отдыха, заповедников.

Материалы и методы. Для оценки распределения радионуклидов в почвах 2018 года в горном районе были проведены радиоэкологические экспедиции и отобраны пробы почв. Модельной площадкой был выбран Майкопский район Республики Адыгеи со следующими типами почв: луговая, аллювиально-дерновая, бурая лесная, ранкер лесной.

Удельную активность радионуклидов определяли гамма-спектрометрическим методом, используя сцинтилляционный спектрометр «Прогресс-гамма». Время набора спектра не превышало 24 часа. Погрешность измерений удельной активности радионуклидов не более 15 %.

Результаты. Ниже, на рисунке представлено распределение радионуклидов на площадках, расположенных на различных элементах рельефа в горных районах Республики Адыгея.

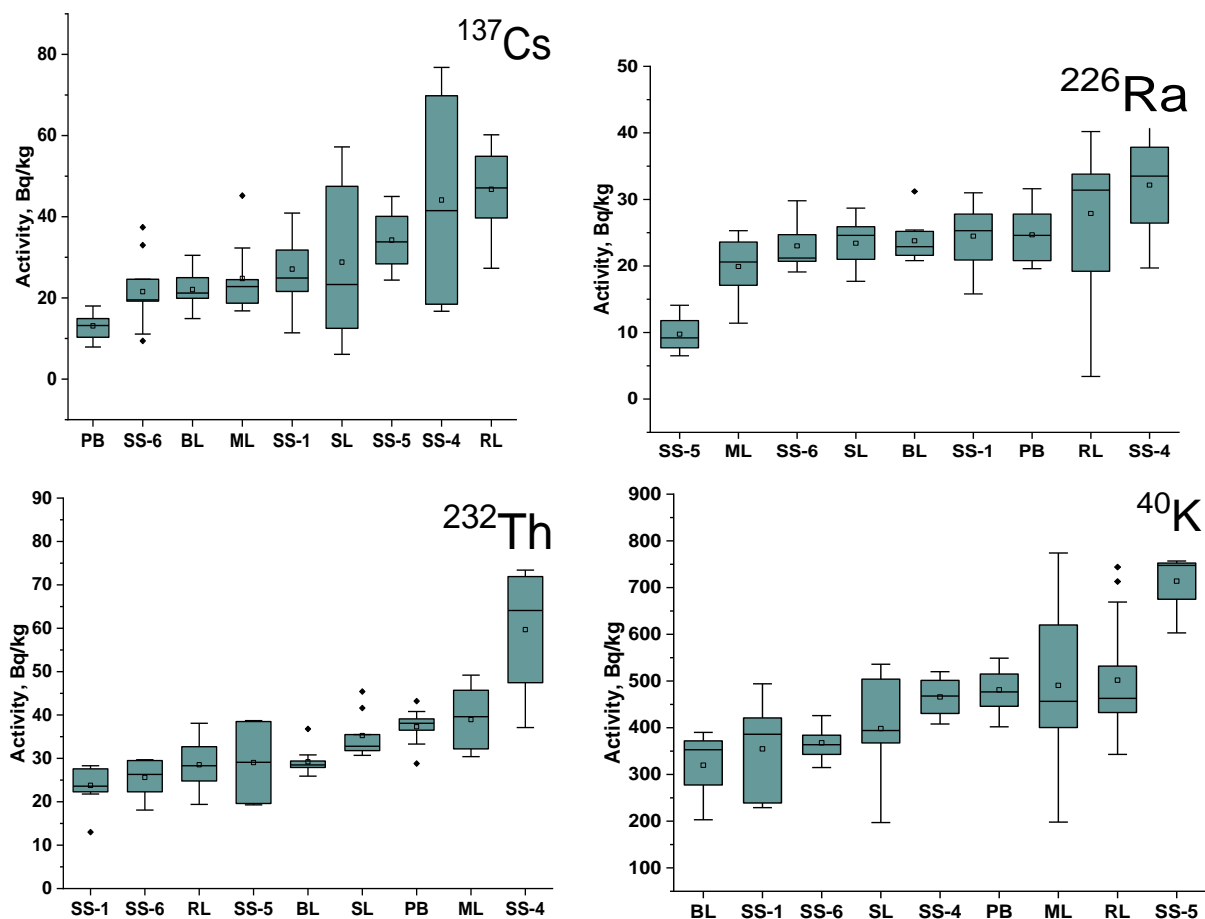


Рис. Диаграмма размаха удельной активности искусственного радионуклида ^{137}Cs и естественных ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K в профиле почвы 0-10 см по некоторым точкам отбора 2018 год

Как мы можем наблюдать, на рисунке для искусственного ^{137}Cs характерна максимальное накопление его на участке РЛ, обладающей следующим типом почвы: ранкер лесной на элювии гранитов. Участок расположен на дне гранитного ущелья, где происходит латеральный и радиальный смыв и переотложение данного радионуклида в этой точке. Точки СС-4 и СС-5 расположены на крутом склоне в ущелье реки Сюк, характеризуются примитивными СС-4 и неполноразвитыми СС-5 почвами, на этих точках происходит непрерывные процессы осыпания почвы, оползневые и обвальные процессы, почвы зачастую не успевают формироваться и при этом цезий также мигрирует вниз по склону.

Максимальное содержание естественного радионуклида ^{226}Ra зафиксировано также на участке РЛ, как упоминалось выше, это гранитное ущелье, почвообразующие породы граниты с достаточно высоким содержанием естественных радионуклидов. ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K в точках СС-4 и СС-5 достаточно высоки, поскольку на рисунке 1 представлен пример распределения 2018 года и это обусловлено новыми обвальными, оползневными процессами, которые происходят на склоне в ущелье реке Сюк.

Заключение. Удельная активность искусственного ^{137}Cs варьируется в пределах 0,1-284,8 Бк/кг. Концентрации естественных радионуклидов ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K варьируются в пределах 2,0-284,2 Бк/кг, 0,9-73,4 Бк/кг и 101,1- 992,0 Бк/кг соответственно.

Распределение удельной активности ^{232}Th и ^{40}K по почвенному профилю в различных элементах рельефа равномерное с незначительными изменениями их концентрации в пределах погрешности. Естественный ^{226}Ra в различных почвах распределен преимущественно равномерно. При этом в почвах, сформированных на гранитоидах отмечается увеличение его удельной активности с глубиной. Удельная активность искусственного ^{137}Cs возрастает на склоновых участках и в понижениях рельефа.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности научный проект № 0852-2020-0032), (БАЗ0110/20-3-07ИФ).

Список литературы

1. Ляпкало А. А. Природные источники облучения населения: дозы и риск / А. А. Ляпкало, Д. Н. Бубнов, В. В. Кучумов // Российский медико-биологический вестник им. акад. И. П. Павлова, Рязань-2001. – № 1-2. – 61-64 с.
2. Пономарева И. Н. Общая экология: [учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению 050100 – Естественнонаучное образование] / И. Н. Пономарева, В. П. Соломин, О. А. Корнилова; под ред. И. Н. Пономаревой. – Ростов н/Д: Феникс, 2009. – 544 с.
3. Маглыш С. С. Общая экология: Учеб. пособие / С. С. Маглыш. – М 12 Гродно: ГрГУ, 2001. – 111 с.
4. Николайкин Н. И. Экология: учеб. пособие / Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О.П. Мелехова. – М.: Дрофа, 2005.- 624с.
5. Давыдов М. Г. Радиоэкология: учебник для вузов // М. Г. Давыдов, Е. А. Бураева, Л. В. Зорина, В. С. Малышевский, В. В. Стасов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. – 635 с.

Теоретическая физика и нанотехнологии

УДК 539.213;530.1;524.3;524.8

АКТИВНЫЕ ФЕМТООБЪЕКТЫ, АГРЕГАТЫ И БОЗОН ХИГГСА В КВАРК-ГЛЮОННОЙ МОДЕЛИ

Абрамов В.С., канд. физ.-мат. наук

ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, РФ
vsabramov@mail.ru

Введение. Для описания связей и основных характеристик активных объектов с бозоном Хиггса и полем Хиггса во фрактальных системах предложена кварк-глюонная модель [1]. Показано, что длины волн активных наночастиц [2] определяются гравитационными радиусами Шварцшильда легких кварков. Наличие поля Хиггса приводит к возможности образования тяжелых бозонов Хиггса [1]. Теоретически подтверждается возможность распада бозона Хиггса на лептонные пары (типа электрон-электронная дырка, мюон-мюонная дырка) и фотон. Поле Хиггса приводит также к появлению щелей (энергий колебательных мод) в энергетическом спектре активных нанообъектов и фемтообъектов [3]. Показано, что щели, эффективные температуры зависят от состояний антинейтринного поля Хиггса, связанного с барионной плотностью материи [4]. Взаимодействие парных активных объектов через глюоны может приводить к образованию агрегатов с большими длинами волн. При этом возможно появление тетракварков [4]. В [5] приводятся результаты экспериментов по обнаружению составных частиц типа тетранейтронов.

Целью данной работы является описание ряда параметров составных частиц типа тетранейтронов в рамках кварк-глюонной модели.

Теоретическая модель. С учетом параметра $N_{f2} = 1597.602554$ (числа квантов фононного поля) из [1], энергии покоя нейтрона $E_n = 946.7027435 \text{ МэВ}$, числа квантов глюонов $n_g = 8$ находим энергию тетранейтронного резонанса ε_{nf2} на основе выражения

$$n_g E_n = N_{f2} \cdot 2\varepsilon_{nf2}; \quad \varepsilon_{nf2} = 2.370308538 \text{ МэВ}. \quad (1)$$

В [5] наблюдают узкий пик с максимумом при 2.37 МэВ и уширенный структурированный стохастический пик с максимумом вблизи 30 МэВ. Наша модель позволяет связать положение максимума уширенного пика с импульсом глюона $P_g = 29.79188196 \text{ МэВ}$ из [1].

Далее на основе энергии $2\varepsilon_{nf2}$ и структурных параметров S'_{0x} , S_{xi} из [2] находим энергетические ветви ε_{anx} , ε_{bnx} спектров по формулам

$$\varepsilon_{anx} = 2\varepsilon_{nf2} S'_{0x}; \quad \varepsilon_{bnx} = 2\varepsilon_{nf2} S_{xu}. \quad (2)$$

Энергии с индексами $x=3,4$ определяют оптические ветви: $\varepsilon_{an3} = 2182.858461\text{кэВ}$, $\varepsilon_{an4} = 2531.916174\text{кэВ}$; $\varepsilon_{bn3} = 2148.724629\text{кэВ}$, $\varepsilon_{bn4} = 2526.992019\text{кэВ}$. Энергии с индексами $x=1,2$ определяют акустические ветви: $\varepsilon_{an1} = 187.4500767\text{кэВ}$, $\varepsilon_{an2} = 161.6076361\text{кэВ}$; $\varepsilon_{bn1} = 221.5839086\text{кэВ}$, $\varepsilon_{bn2} = 156.6834813\text{кэВ}$. Основная энергия ε_{nf2} определяется резонансными переходами между энергетическими уровнями при сохранении условий резонанса

$$\varepsilon_{nf2} = \varepsilon_{an3} + \varepsilon_{an1} = \varepsilon_{an4} - \varepsilon_{an2}; \quad \varepsilon_{nf2} = \varepsilon_{bn3} + \varepsilon_{bn1} = \varepsilon_{bn4} - \varepsilon_{bn2}. \quad (3)$$

Отметим, что переходы между акустическими ветвями спектра с энергией $2\varepsilon_{bn1} = 443.1678172\text{кэВ}$ отвечают за систематическую неопределенность (ошибку измерений) равную $\pm 0.44\text{МэВ}$ в эксперименте [5] при определении положения максимума узкого пика и статистическую ошибку измерения равную $\pm 0.22\text{МэВ}$ при определении ширины наблюдаемого резонанса.

Для получения оценок других характерных параметров активных фемтообъектов используем энергию $E_{g02} = 5.824953291\text{эВ}$ и параметр n'_{zg} (учитывающий наличие сверхбезызлучательных состояний в рамках модели Дикке) из [2], параметр $A_G = 0.960836162\text{фм/эВ}$ из [3, 4]. Тогда по формулам

$$E_{z02} = E_{g02} / (1 + n'_{zg}); \quad R_{g02} = A_G E_{g02}; \quad R_{z02} = A_G E_{z02} \quad (4)$$

находим энергию $E_{z02} = 5.227375242\text{эВ}$ и гравитационные радиусы Шварцшильда $R_{g02} = 5.596825764\text{фм}$, $R_{z02} = 5.022651165\text{фм}$. С другой стороны, используя эффективный радиус $r_{gp} = 0.6697484\text{фм}$ из [4] и число активных эффективных квазичастиц $N = 17.0073101$ из [2], находим оценку радиуса $R'_{z02} = (N - 2)r_{gp} / 2 = 5.027260092\text{фм}$. Полученные оценки согласуются с суперрадиусами 5.6фм (модель COSMA) и 5.0фм (эксперимент) [5].

Оценку времени жизни тетранейтрона τ_{na} находим по формулам

$$\chi_0 \tau_{4A} = N_a \tau_{na}; \quad \tau_{4A} = (1 + 2\Omega_m - S_{12u}) \tau_{1A}; \quad \tau_{1A} = t_{1A} \ln 2. \quad (5)$$

Здесь число Авагадро N_a , эффективная восприимчивость χ_0 , плотность материи Ω_m , структурный параметр S_{12u} из работ [1-4]. Если использовать время жизни для одного нейтрона $t_{1A} = 1013\text{с}$, то период полураспада нейтрона по классическому каналу реакции (на протон, электрон и антинейтрино) $\tau_{1A} = 702.1580938\text{с}$. В системе из четырёх

нейтронов эффективное время жизни свободного нейтрона заменяется на $\tau_{4A} = 890.7585674\text{с}$. Тогда из (5) получим оценку времени жизни тетранейтрона $\tau_{na} = 3.800848454 \cdot 10^{-22}\text{с}$, которая согласуется с временем $3.8 \cdot 10^{-22}\text{с}$ из эксперимента [5]. В системе из четырёх нейтронов также возможны другие каналы распада нейтрона. Отметим, что радиус ядра (сердцевины) $\bar{r}_{0\nu}$ распределения электрического заряда в нуклоне (с учетом плотности релятивистского нейтрино $\bar{\Omega}_{0\nu}$) связан с классическим радиусом протона r_{0p} выражением

$$\begin{aligned} n_g \bar{r}_{0\nu} &= (1 + \sin \theta_{0\nu}) N_{ra} r_{0p}; \quad \bar{\Omega}_{0\nu} = (\bar{n}_{0\nu})^2; \\ 2\bar{n}_{0\nu} &= \Omega_m^* - S_{2u}; \quad \sin \theta_{0\nu} = \bar{n}_{0\nu}(1 - \bar{n}_{0\nu}). \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь $\bar{n}_{0\nu} = 0.054339679$, $\bar{\Omega}_{0\nu} = 0.002952801$, $r_{0p} = 1.534698568\text{ам}$;

численные значения реликтовых фотонов N_{ra} , параметров Ω_m^* , S_{2u} приведены в работах [1-4]. На основе (6) находим оценки $\sin \theta_{0\nu} = 0.051386878$, радиуса ядра $\bar{r}_{0\nu} = 210.0239394\text{ам}$. Двойной угол $2\theta_{0\nu} = 5.891097122^\circ$ близок к мюонному углу $\varphi_{\mu g} = 5.901862921^\circ$. Полученные оценки согласуются с оценками из [3, 4]. Это указывает на необходимость теоретического исследования других каналов распада.

Заключение. Кварк-глюонная модель позволяет получить оценки основных характеристик составных частиц типа тетранейтронов, которые согласуются с экспериментом [5]. При этом возникает задача создания, перевода таких составных частиц из начального состояния в резонансное состояние, что требует дальнейших теоретических исследований.

Список литературы

1. Абрамов В. С. Активные наночастицы, агрегаты и бозон Хиггса в кварк-глюонной модели / В. С. Абрамов // Вестник Донецкого национального университета. Сер. А: Естественные науки. – 2022. – № 1. – С. 66-79.
2. Abramov V. S. Active Nanoobjects, Neutrino and Higgs Boson in a Fractal Models of the Universe / V. S. Abramov // C. H. Skiadas, Y. Dimotikalis (eds.), 12th Chaotic Modeling and Simulation International Conference, Springer Proceedings in Complexity. – Springer Nature Switzerland AG, 2020. – P. 1-14.
3. Abramov V. S. Active Femto- and Nano-Objects in Relation to the Solar and Interstellar Winds in Anisotropic Models / V. S. Abramov // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. – 2020. – No 84(12). – P. 1505-1510.
4. Абрамов В. С. Активные объекты, асимметрия материи, черные дыры и бозон Хиггса во фрактальных системах / В. С. Абрамов // Известия РАН. Сер. Физическая. – 2022. – № 86(7). – С. 1047-1053.
5. Duer M. Observation of a correlated free four-neutron system / M. Duer, T. Aumann, R. Gernhäuser et al. // Nature. – 2022. – V. 606. – P. 678-682.

**КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА, МИКРОСТРУКТУРА
И МАКРООТКЛИКИ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ
ШЕСТИКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ
(Na,K)NbO₃ и ЦТС**

Андрюшин К.П., канд. физ.-мат. наук, *Дудкина С.И.*,
Саху С., канд. физ.-мат. наук, *Шилкина Л.А.*,
Андрюшина И.Н., канд. физ.-мат. наук,
Вербенко И.А., д-р физ.-мат. наук,
Резниченко Л.А., д-р физ.-мат. наук, проф.

Научно-исследовательский институт физики ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, РФ
kpandryushin@gmail.com

Стремление к универсальности наукоемкой продукции приводит к необходимости совмещения в одной химической композиции нескольких разнородных функций, что, в силу различных фундаментальных физических ограничений, может затруднить реализацию принципов действия многих устройств. Кроме того, становится очевидным, что возможности создания новых функциональных материалов исчерпаны из-за практически полного использования существующих химических основ и способов их получения, а разнообразия опций невозможно достигнуть в рамках монообъектов. Это заставляет переходить к гетерогенным мезоскопически – неоднородным средам, прежде всего, к многокомпонентным системам (МС), сочетающим разные макросвойства и обладающим другими достоинствами, ранее не реализуемыми.

Отметим, что с ростом числа компонентов расширяются области составов с оптимальными для различных применений сочетаниями характеристик, растет разнообразие опций твердых растворов (ТР), повышаются важнейшие электрофизические показатели [1]. Все это свидетельствует о значительных преимуществах МС перед составляющими их более простыми, которые, к тому же, могут обладать принципиально отличающимися свойствами. Именно к ним в последнее время приковано внимание исследователей, в том числе, и нас, в связи с возможностью формирования новой совокупности параметров, сочетающей разнородную функциональность макрооткликов базовых композиций.

В работе рассмотрены ТР шестикомпонентной системы вида $(1-y-a-z)(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3)-y\text{LiNbO}_3-a\text{CdNb}_2\text{O}_6-z\text{Pb}(\text{Zr}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ (ЦТС) ($y=0.05\div 0.10$, $a=0.0125\div 0.0250$, $0.15\leq z\leq 0.50$), полученные двухстадийным твердофазным синтезом с последующим спеканием по обычной керамической технологии.

Рентгенографически установлено, что ТР кристаллизуются в структуре типа перовскита [2]; сверхструктурные рентгеновские пики, указывающие на мультипликацию перовскитной ячейки, отсутствуют; не наблюдается и расщепление основных пиков вследствие симметричного фазового перехода.

Микроструктура ТР – неоднородная: имеются области с плотноупакованными кристаллитами (на рис. 1-3 выделены штриховыми линиями), рыхлыми структурами (выделены штрихпунктирными линиями) и сочетающими оба типа зеренных контактов (рис. 3 справа). При этом кристаллизуются зерна двух типов – более крупные, в виде параллелепипедов, и мелкие в форме, близкой к кубической. Такие бимодальные структуры в некоторых случаях (рис. 1-3) формируются на фоне участков с рыхлой упаковкой зерен.

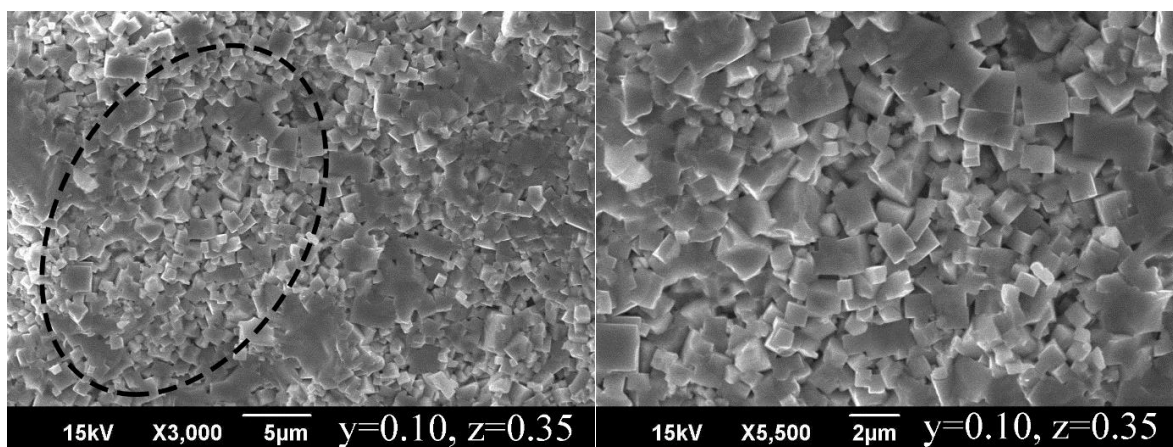


Рис. 1. Фрагменты микроструктуры ТР керамик состава $(1-y-a-z)(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3)\text{-}y\text{LiNbO}_3\text{-}a\text{CdNb}_2\text{O}_6\text{-}z\text{Pb}(\text{Zr}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ с $y=0.10$, $a=0.025$, $z=0.35$

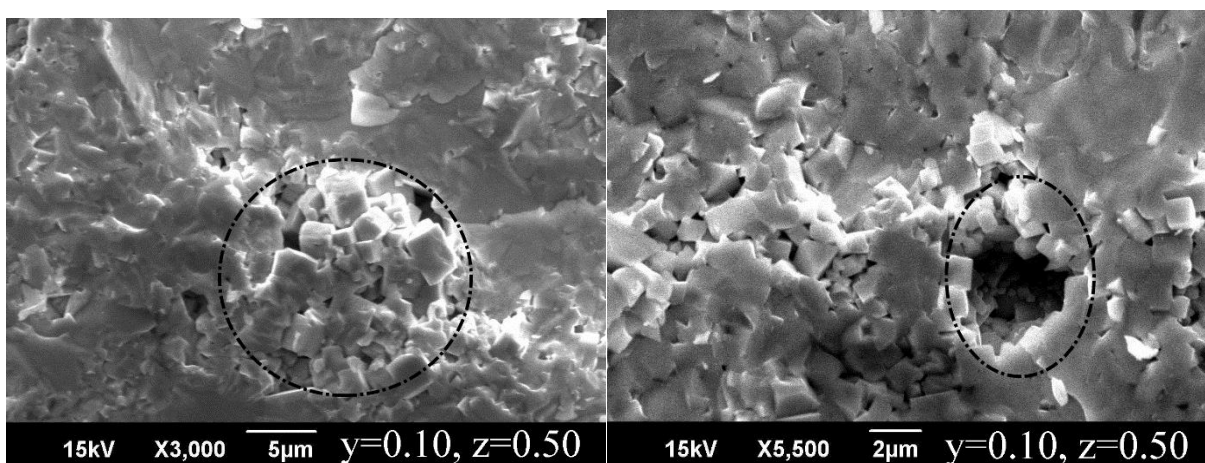


Рис.2. Фрагменты микроструктуры ТР керамик состава $(1-y-a-z)(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3)\text{-}y\text{LiNbO}_3\text{-}a\text{CdNb}_2\text{O}_6\text{-}z\text{Pb}(\text{Zr}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ с $y=0.10$, $a=0.025$, $z=0.50$

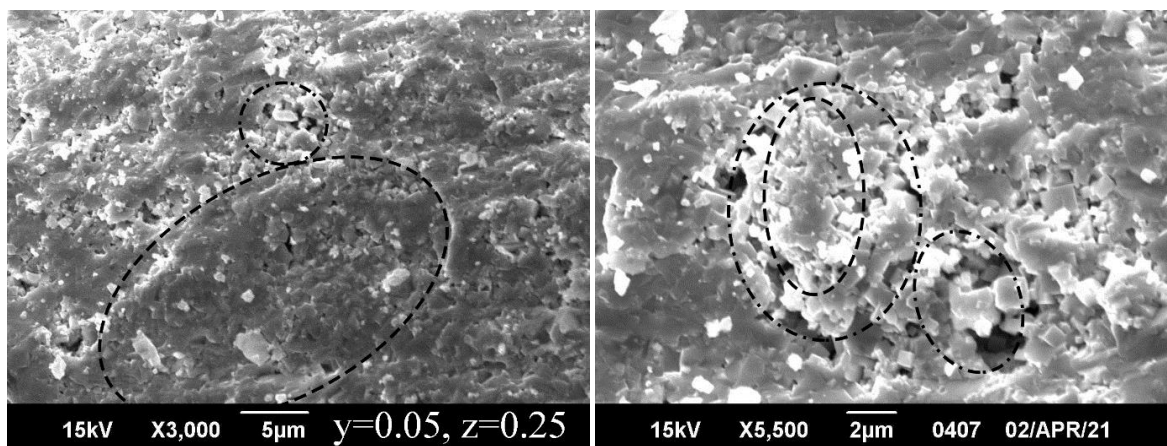


Рис. 3. Фрагменты микроструктуры ТР керамик состава $(1-y-a-z)$
 $(\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3)_y\text{LiNbO}_3\text{-}a\text{CdNb}_2\text{O}_6\text{-}z\text{Pb}(\text{Zr}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ с $y=0.05$, $a=0.0125$, $z=0.25$

Описанная морфология зерен характерна для рекристаллизационных процессов, протекающих с участием жидких фаз. Источником их могут выступать непрореагировавшие исходные реагенты, либо низкоплавкие эвтектики в шихтах ниобатов щелочных и щелочноземельных металлов, PZT, например, Na_2O с $T_{\text{пл.}} = 1405$ К; K_2O с $T_{\text{пл.}} = 1013$ К; PbO с $T_{\text{пл.}} = 1160$ К; CdO с $T_{\text{пл.}} = 1173$ К; Na_2CO_3 с $T_{\text{пл.}} = 1127$ К; K_2CO_3 с $T_{\text{пл.}} = 1164$ К; Li_2CO_3 с $T_{\text{пл.}} = 1005$ К; PbCO_3 с $T_{\text{пл.}} = 588$ К; NaOH с $T_{\text{пл.}} = 596$ К; KOH с $T_{\text{пл.}} = 678$ К; LiOH с $T_{\text{пл.}} = 735$ К; NaNbO_3 с $T_{\text{пл.}} = 1695$ К; KNbO_3 с $T_{\text{пл.}} = 1373$ К и др.

Анализ диэлектрических, пьезоэлектрических и сегнетоэластических свойств (макрооткликов) ТР позволил выделить группу композиций с высокими значениями относительной диэлектрической проницаемости, перспективных для низкочастотных применений.

Полученные в работе результаты целесообразно использовать при разработке новых функциональных материалов различного назначения и устройств электроники на их основе.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности, научный проект № (0852-2020-0032)/(БАЗ0110/20-3-07ИФ)),

Список литературы

1. Многокомпонентные системы сегнетоэлектрических сложных оксидов: физика, кристаллохимия, технология. Аспекты дизайна пьезоэлектрических материалов: в 2 т. / А. Я. Данцигер, О. Н. Разумовская, Л. А. Резниченко [и др.]. – Ростов-на-Дону: Из-во Ростовск. ун-та МП «Книга», 2001. – Т. 1. – 408 с. – ISBN 5-86892-201-0.
2. Фесенко Е. Г. Семейство перовскита и сегнетоэлектричество / Е. Г. Фесенко. – Москва: Атомиздат, 1972. – 248 с.

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОВОДИМОСТИ БИОПОЛИМЕРНЫХ МЕМБРАН НА ОСНОВЕ АЛЬГИНАТА НАТРИЯ С НАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Барбашов В.И., канд. физ.-мат. наук, с.н.с.,

Чайка Э.В., канд. техн. наук, *Бережная Т.С.*

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

Введение. В последнее время все большее распространение получают топливные элементы на основе полимерных протонообменных мембран [1]. Для их совершенствования необходим поиск и изучение новых мембранных материалов. В качестве таковых рассматриваются биополимерные материалы. Явным преимуществом биополимеров является то, что они безопасны для человека и окружающей среды, а для их производства используется возобновляемое природное сырье. Поэтому ведутся работы по изучению возможности применения материалов из хитозана, целлюлозы, альгинатов, крахмала, желатина и пр. [2].

Перспективными биополимерами являются материалы на основе альгината натрия (АН) [3]. Исследования показывают, что мембраны, изготовленные из этих материалов, отличаются низкой проницаемостью по метанолу, механической стабильностью и относительно высокой протонной проводимостью. Пока такие мембраны не имеют существенных преимуществ по сравнению с ныне используемыми мембранами из синтетических материалов, но их низкая себестоимость, экологическая безопасность и технологичность открывают перспективы для применения в топливных элементах.

Цель работы. Для улучшения транспорта протонов в протонообменных мембранах идут по пути создания композиционных материалов, вводя в полимерную матрицу наноразмерные добавки оксидов [3,4]. Целью данной работы была разработка методики изготовления композитных мембран на основе АН с наполнителем из порошка диоксида циркония ZrO_2 и исследование их проводимости.

Изготовление мембран. В основе технологии получения материалов на основе АН лежит процесс гелеобразования. Гель формируется при добавлении в водный раствор АН многозарядных катионов (Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Cu^{2+} , Al^{3+} и др.), которые выступают в качестве сшивающих агентов, взаимодействуя с карбоксильными группами молекул АН [5]. При повышении температуры синтезированные альгинатные гели остаются стабильными, и их можно нагревать, не вызывая плавления.

В данной работе для изготовления мембран на основе АН в качестве сшивающего агента использовали раствор хлорида кальция, а в качестве

наполнителя пресс-порошки ZrO_2 стабилизированного тремя (3YSZ) и восемью (8YSZ) процентами оксида иттрия с размером частиц 0,3–0,6 мкм и 0,1–0,15 мкм соответственно. Порошок 3YSZ был агрегированным.

С целью равномерного распределения частиц в полимерной матрице порошок предварительно диспергировали в дистиллированной воде. Затем полученную суспензию смешивали с 2,5 % водным раствором АН и выливали в чашку Петри для сушки. Сушку проводили в течение 24 час при температуре 50 °С. Сухую композитную пленку помещали на 1 час в 10% раствор хлорида кальция для сшивания полимера и перевода его в водонерастворимую форму. Пленку промывали в дистиллированной воде и хранили в ней до проведения измерений. Таким способом были изготовлены мембраны с концентрацией частиц 0, 10, 50 и 80 вес. %.

Исследование проводимости. Экспериментально методом импедансной спектроскопии было исследовано влияние температуры и концентрации частиц порошка ZrO_2 на удельную проводимость мембран на основе АН. Ионную проводимость исследовали методом импедансной спектроскопии в диапазоне частот 0,2 Гц – 300 кГц. В экспериментах использовали симметричную ячейку с блокирующими электродами из нержавеющей стали.

На рис. 1 приведена зависимость проводимости от температуры у мембран из АН с концентрацией наполнителя 8YSZ равной 50 вес. %. Измерения показывают, что с ростом температуры эксперимента удельная проводимость мембран увеличивается.

Известно, что роль оксидных наполнителей в композитных полимерных мембранах состоит в удержании структурно связанной воды и улучшении транспорта протонов, которые генерируются на поверхности полимерных электролитов [6, с. 102]. Как следствие, при увеличении эффективной поверхности оксидного наполнителя, вследствие повышения концентрации его частиц или увеличения их дисперсности, должен наблюдаться рост концентрации протонов и повышение проводимости мембран.

Результаты эксперимента по определению зависимости удельной проводимости мембран от концентрации частиц наполнителя ZrO_2 и их дисперсности представлены на рис. 2. Видно, что на зависимости $\sigma(n)$ можно выделить две области. При малых концентрациях ZrO_2 вклад механизма допирования протонов в общую проводимость незначителен и электрические свойства полимерной мембраны определяются более высокоомной полимерной матрицей АН. С ростом концентрации наполнителя и увеличения контактов между частицами его вклад в общую проводимость существенно возрастает. Особенно это заметно на примере мембран с наполнителем из агрегированного порошка 3YSZ. Увеличение дисперсности наполнителя также способствует повышению проводимости. Зависимости, представленные на рис. 2 получены при температуре проведения эксперимента $T = 32$ °С.

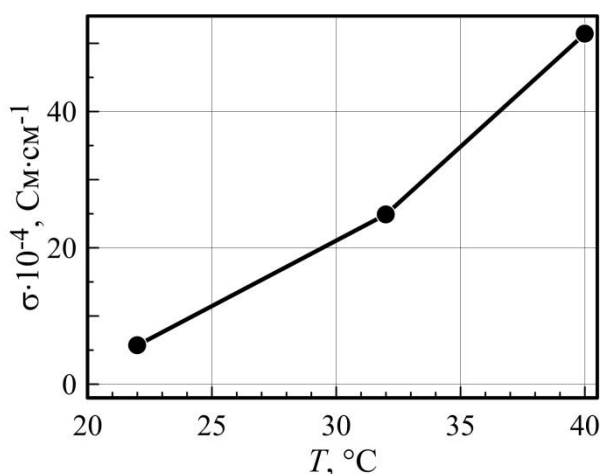


Рис. 1. Зависимость проводимости σ мембран от температуры T . Концентрация 8YSZ – 50 вес.%

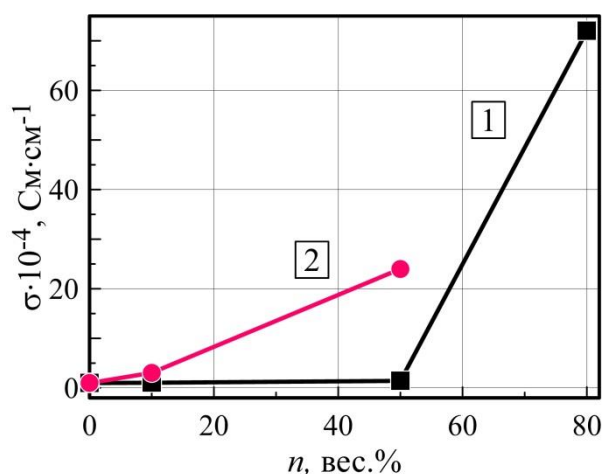


Рис. 2. Зависимость проводимости σ мембран от концентрации n порошка ZrO_2 : 1 – 3YSZ; 2 – 8YSZ

Заключение. Результаты исследования показали, что мембраны, изготовленные из композитного биополимера системы АН- ZrO_2 , отличаются стабильностью электрических свойств и обладают высокой удельной проводимостью при относительно низких температурах. С уменьшением размера частиц наполнителя ZrO_2 , увеличением их концентрации и повышением температуры эксперимента наблюдается существенный рост удельной проводимости.

Перспективным направлением дальнейших исследований видится уменьшение размера частиц оксидного наполнителя, что должно привести к созданию мембран с большей проводимостью.

Список литературы

1. Основы водородной энергетики / С. С. Карпова [и др.]; ред. В. А. Мошников, Е. И. Теруков. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. – 288 с.
2. Walkowiak-Kulikowska J. Biopolymer membranes in fuel cell applications / J. Walkowiak-Kulikowska, J. Wolska, H. Koroniak // Biopolymer Membranes and Films. – Elsevier, 2020. – P. 423-476.
3. Shaari N. Potential of sodium alginate/titanium oxide biomembrane nanocomposite in dmfc application / N. Shaari, S. K. Kamarudin, Z. Zakaria // International Journal of Energy Research. – 2019. – Vol. 43, No. 14. – P. 8057–8069.
4. Shaari N. Sodium alginate/alumina composite biomembrane preparation and performance in dmfc application / N. Shaari, S. K. Kamarudin // Polymer Testing. – 2020. – Vol. 81. – P. 106183.
5. Gwon S. H. Gelation dynamics of ionically crosslinked alginate gel with various cations / S. H. Gwon, J. Yoon, H. K. Seok, [et al.] // Macromolecular Research. – 2015. – Vol. 23, No. 12. – P. 1112–1116.
6. Добровольский Ю. А. Протонообменные мембраны для водородно-воздушных топливных элементов / Ю. А. Добровольский, Е. В. Волков, А. В. Писарева [и др.] // Российский химический журнал. – 2006. – Т. L, № 6. – С. 95-104.

ОСОБЕННОСТИ ДОМЕННЫХ СТРУКТУР В ДВУХСЛОЙНОЙ ФЕРРИТ-ГРАНАТОВОЙ ПЛЕНКЕ С РАЗЛИЧНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ СЛОЕВ

Безус А.В., канд. физ.-мат. наук, доц., **Балко В.С.**

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

a.bezus@donnu.ru, vladislav.balko1999@gmail.com

Введение. В работе изучалась зависимость поведения доменной структуры (ДС) от температуры пленки и по виду ДС определялся тип границы между слоями и ее изменение с температурой. Взаимодействие между слоями учитывается введением 180° доменной границы (ДГ) на поверхности раздела, в которой происходит разворот моментов одноименных железных подрешеток [1, 2]. Здесь могут реализоваться четыре случая, показанные на рис. 1.

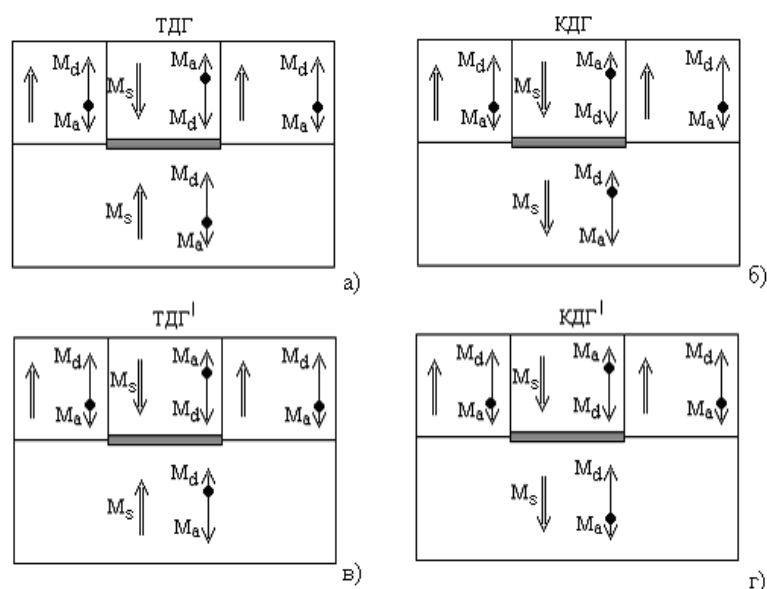


Рис. 1. Схематическое представление ДГ: торцевая (а), компенсационная (б); переходная торцевая (в), переходная компенсационная (г)

Исследования проводились с использованием эффекта Фарадея в интервале температур 400-90К. Исследовалась двухслойная феррит-гранатовая пленка, выращенная методом жидкофазной эпитаксии на гадолиний-галлиевом гранате, с наведенной одноосной анизотропией вдоль оси $\langle 111 \rangle$. Первый слой пленки состава $(Y Gd Tm)_3(Fe Ga)_5O_{12}$ имеет точку компенсации вблизи 120К, второй слой состава $(Y Eu)_3(Fe Ga)_5O_{12}$ в исследуемом интервале температур точки компенсации не имеет.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании устройств записи и хранения информации на спинах

доменных границ. В данных устройствах возможна одновременная и/или параллельная запись и хранение информации на доменах и на спинах, что существенно может расширить возможности таких устройств.

Основная часть. ДС формировалась монополярным импульсным магнитным полем, перпендикулярным плоскости пленки, при отсутствии поля смещения. Затем поле выключалось. На основании экспериментальных данных предлагаются возможные модели ДС в зависимости от типа ДГ между слоями.

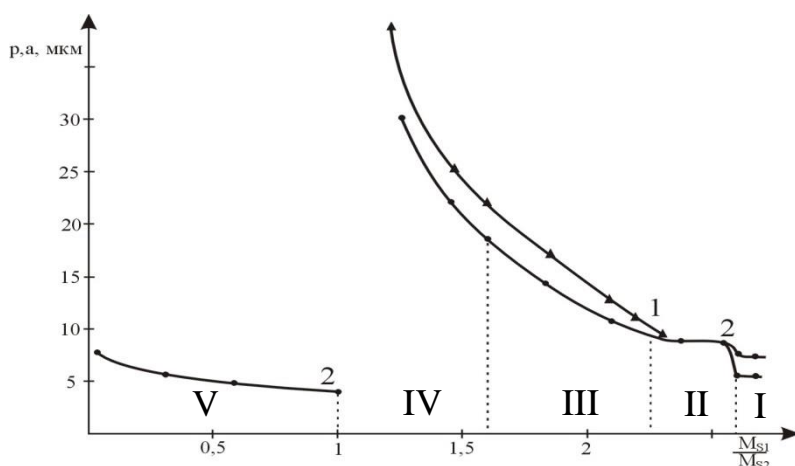


Рис. 2. Зависимости параметра a решетки ЦМД (1) и периода полосовой структуры (2) от соотношения между намагниченностями насыщения слоев пленки. Область I – ДС1, II – ДС2, III – ДС3, IV – ДС4, V – ДС5

Параметры ДС и доменные границы между слоями зависят от соотношения намагниченности насыщения слоев [3]. В области температур 360-270К при $2,6 \leq \frac{M_1}{M_2} \leq 2,7$ наблюдается первый вид доменной

структуры (ДС1): полосовые домены обоих слоев с разными периодами (рис. 2) и границами КДГ¹ и ТДГ¹. При понижении температуры периоды доменов обоих слоев увеличиваются и при $\frac{M_1}{M_2} = 2,6$ полосовые домены как

будто сливаются, появляются сквозные домены, т.е. происходит переход ДС1 в ДС2, при этом граница типа КДГ¹. В интервале температур 260-215К при $2,4 \leq \frac{M_1}{M_2} \leq 2,55$ существуют сквозные полосовые домены (ДС2).

При $\frac{M_1}{M_2} = 2,3$ наблюдается переход ДС2 в ДС3 с нормальной КДГ между слоями в пленке, наряду с полосовыми доменами формируются ЦМД, а затем – гексагональная решетка ЦМД, появляются и кольцевые домены с диаметрами $d_1=8,7$ мкм и $d_2=10,5$ мкм. В области 190-155К, что соответствует $1,6 \leq \frac{M_1}{M_2} \leq 2,25$, наблюдается ДС3: здесь формируются и

полосовые домены, и решетка ЦМД (рис. 2). При 155К и $\frac{M_1}{M_2}=1,6$ границы доменов становятся более четкими, ширина их увеличивается, появляется ДС4 с ТДГ¹ между слоями. При 142К и $\frac{M_1}{M_2}=1,25$ цвет доменов резко изменяется: из светло-оранжевого в темно-коричневый. При дальнейшем понижении температуры полосовые домены уже не формируются, существует только решетка доменов коричневого цвета, домены приобретают эллиптическую форму. Интервал $1 \leq \frac{M_1}{M_2} \leq 1,6$ является областью существования ДС4. При 130К и $\frac{M_1}{M_2}=1$ первый слой пленки переходит в монодоменное состояние, появляются полосовые домены второго слоя оранжевого цвета, с малым периодом, которые наблюдаются при охлаждении пленки до 90К (рис. 2). Это ДС5 с нормальной ТДГ.

Заключение. Таким образом, в двухслойной пленке, имеющей в одном из слоев точку магнитной компенсации, вследствие разного температурного изменения магнитных характеристик обоих слоев пленки изменяется энергия взаимодействия слоев. Это приводит к изменению доменных границ между слоями, т.е. к фазовым переходам в доменных границах. В свою очередь, фазовые переходы в доменных границах между слоями вызывают изменение типа доменных структур. Изменение соотношения энергий магнитостатического и обменного взаимодействий между слоями вызывает фазовый переход в равновесной доменной структуре и спин-переориентационный фазовый переход. Как фазовый переход в доменной структуре, так и спин-переориентационный фазовый переход по своей природе качественно отличаются от уже известных фазовых переходов.

Список литературы

1. Беляева А. И. Визуальное исследование доменной структуры в области спиновой переориентации для эпитаксиальных пленок $(BiTm)_3(FeGa)_5O_{12}$ / А. И. Беляева, А. В. Антонов, Г. С. Егиазарян, В. П. Юрьев // Физика твердого тела. – 1980. – Т. 22. – № 6. – С. 1621.
2. Малоземов А. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами / А. Малоземов, Дж. Слонзуски. – Москва : Мир, 1982. – 384 с.
3. Сирюк Ю. А. Фазовые переходы в жесткой доменной структуре феррит-гранатовой пленки / Ю. А. Сирюк, А. В. Безус, Е. Д. Бондарь, В. В. Кононенко // Физика твердого тела. – 2019. – Т. 61. – Вып. 7. – С. 1250-1257.

МЕМРИСТОРЫ С ПОДВИЖНЫМИ ВАКАНСИЯМИ

Бойло И.В., канд. физ.-мат. наук, **Метлов К.Л.**, д-р физ.-мат. наук
ГБУ «Донецкий физико-технический институт имени А.А. Галкина», г. Донецк, РФ
boylo@donfti.ru

Введение. В данной работе рассматриваются нелинейные эффекты в простой модели движения вакансий под действием электрического поля в мемристоре. Перемещение вакансий описывается соответствующим нелинейным уравнением Бюргерса с непроницаемыми нелинейными граничными условиями. Поскольку локальная концентрация вакансий в любом материале ограничена, их движение должно сопровождаться нелинейными эффектами.

Главной особенностью мемристоров, которые представляют собой гетероструктуру металл-изолятор-металл, является гистерезис вольт-амперной характеристики, т.е. возможность иметь разные резистивные состояния (и переключаться между ними). Поэтому мемристоры могут найти себе применение в роли ячейки резистивной памяти с произвольным доступом для хранения информации. При этом разные состояния соответствуют логическим памяти 1 или 0. Мемристоры также подходят в качестве синапса для нейроморфных вычислений.

Основная часть. Рассмотрим тонкую пленку материала (с заряженными подвижными вакансиями), расположенную между двумя металлами. Координата x отсчитывается в направлении, перпендикулярном пленке, имеющей толщину d . Предположим, что мемристивные интерфейсы при $x = 0$ и $x = d$ непроницаемы для вакансий, так что их общее количество в пленке сохраняется. Состояние такого мемристора в момент времени t описывается мгновенной локальной концентрацией вакансий $C(x,t)$. Поскольку количество вакансий также сохраняется локально, $C(x,t)$ подчиняется уравнению непрерывности

$$\partial_t C(t,x) + \nabla J(t,x) = 0,$$

где ∂_t – производная по времени, а $\nabla \cdot \mathbf{J}(t,x) = \partial_x J(t,x)$ в рассматриваемом одномерном контексте, когда $\mathbf{J} = \{J, 0, 0\}$. Подставляя полный ток $J = J_{\text{дрейф}} + J_{\text{дифф}}$ и перенормировав координату $\xi = x/d$, время $\tau = tD/d^2$ и ток вакансий $j = Jd/D$, приходим к нелинейному уравнению Бюргерса для безразмерной концентрации вакансий $c(\tau, \xi)$

$$\partial_\tau c + p(1-2c)\partial_\xi c = \partial_{\xi\xi} c,$$

где $p = 2(d/a)\text{sh}(aq\rho_0 I / (k_B T)) = \text{const}$.

Аналитическое решение для начальной конфигурации вакансий в виде прямоугольника $c_0^{\text{rect}}(\xi) = [(\xi - 1/4) - (\xi - 3/4)]/2$ зависит от тока p и

общего количества вакансий в начальном состоянии r и имеет вид: $c_{st}(\xi; p, r) = (1/p) \partial_{\xi} \log P$, где частное решение линейного уравнения диффузии, полученного после подстановки Хопфа-Коула из нелинейного уравнения Бюргера, имеет вид

$$P(\xi; p, r) = \frac{e^p - e^{pr} - e^{p\xi} + e^{p(r+\xi)}}{e^p - 1}.$$

Этот стабильный профиль формируется в результате конкуренции между направленными скачками из-за приложенного тока, пытающегося подтолкнуть вакансии к границе, и неориентированными скачками из-за диффузии, пытающимися выровнять распределение вакансий.

Для данной величины $|p|$ существуют две различные стабильные конфигурации для положительного $p > 0$ и отрицательного $p < 0$ направлений тока. Мы будем называть их состояниями «on» и «off», соответственно: $c_{on} = c_{st}(\xi; |p|, r)$ и $c_{off} = c_{st}(\xi; -|p|, r)$. Эти состояния зеркально-симметричны: $c_{off}(\xi; |p|, r) = c_{on}(1-\xi; |p|, r)$ и $P(1-\xi; p, r) = e^{pr} P(\xi; -p, r)$. Переключение между ними – основной режим работы мемристора.

Эволюция сопротивления под действием приложенного тока в основном представляет собой процесс релаксации по направлению к равновесной конфигурации c_{on} (или c_{off} для $p < 0$). Такие процессы приближаются к равновесию по экспоненциальному закону $\propto e^{-t/\tau_R}$. Это также относится к данной модели, где $\tau_R = 4/(p^2 + 4\pi^2)$ – время релаксации.

Заключение. Представлено точное решение простой аналитической модели миграции вакансий для мемристора. Есть интересная особенность, которая полностью обусловлена нелинейным членом в уравнении Бюргера: при нулевом управляющем токе время релаксации (время жизни бита в данном случае) масштабируется квадратично с толщиной пленки d , но при большом управляющем токе оно (время записи бита в этом случае) насыщается для больших d [1]. Это говорит о том, что мемристоры на основе вакансий в сильно нелинейном режиме (с большими p) могут иметь многообещающие приложения для длительного хранения информации.

Список литературы

1. Boylo I. V. Nonlinear effects in memristors with mobile vacancies / I. V. Boylo, K. L. Metlov // Royal Society Open Science. – 2021. – V. 8, № 10. – P. 210 677-1 – 210677-7.

НАНОЧАСТИЦЫ ЖЕЛЕЗА. ПЕРВОПРИНЦИПНЫЙ РАСЧЕТ

Бутько В.Г., канд. физ.-мат. наук, с.н.с.,

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

Хачатурова Т.А., канд. физ.-мат. наук

ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А. А. Галкина», г. Донецк, РФ
el-vs@mail.ru

Введение. Наноразмерные формы Fe начали методично изучаться с двухтысячных годов. Широко исследуются, например, нанопровода железа различных диаметров [1], поскольку они имеют перспективу применения в спинтронике, магнитной записи, высокочувствительных магнитных сенсорах. В тоже время трехмерные наночастицы Fe изучаются недостаточно, хотя известно, что наночастицы железа могут быть использованы для очистки загрязнения почвы [2]. Целью настоящей работы являются исследования структурных и электронных свойств наночастиц железа различных размеров методами теории функционала плотности.

Модель и метод расчета. Трехмерные наноструктуры строятся на основе α -фазы Fe (ОЦК решетка). Структура состоит из нескольких оболочек, состоящих из атомов Fe. Все атомы Fe, принадлежащие одной оболочке, находятся на одинаковом расстоянии от центра наночастицы. Структура из n атомов железа будем обозначать Fe_n . На рис. 1 показана наибольшая наночастица Fe_{113} .

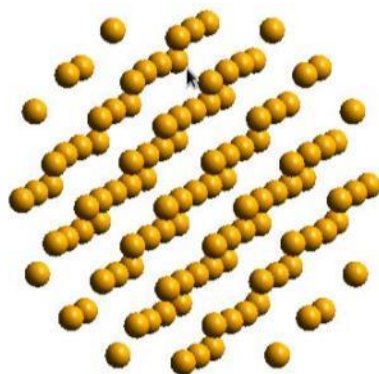


Рис. Наночастица Fe_{113} . Положения атомов после проведения самосогласованных расчетов

Электронное строение наночастиц рассчитывали в рамках теории функционала плотности неэмпирическим методом проекционных присоединенных волн (PAW), программный пакет VASP (Vienna *ab initio* simulation package). Для обменно-корреляционного потенциала использовалось обобщенное градиентное приближение (generalized gradient approximation (GGA)) в виде, предложенном Perdew–Burke–Ernzenhof. В качестве псевдопотенциалов использовали стандартные псевдопотенциалы

VASP В результате проведения самосогласованных расчетов находили оптимизированные позиции всех атомов и полную энергию системы. В процессе оптимизации выполнялось обязательное требование, чтобы силы, действующие на атомы, были меньше, чем 0.01 эВ/нм.

Структурные и электронные свойства. В кристалле каждый атом Fe имеет 8 первых и 6 вторых соседей. Степень близости структуры наночастиц и кристалла Fe характеризуется именно средним числом ближайших соседей. В табл. 1 приведены данные для рассматриваемых наночастиц Fe_n.

Таблица 1
Количественные характеристики структур наночастиц Fe_n

Структура	Количество атомов		Количество соседей	
	Внутренних	внешних	первых	вторых
Fe ₉	1	8	1.78	2.67
Fe ₁₅	9	6	4.27	2.40
Fe ₂₇	15	12	4.15	2.74
Fe ₅₁	27	24	5.02	2.82
Fe ₅₉	51	8	5.42	3.86
Fe ₆₅	59	6	5.66	3.69
Fe ₈₉	65	24	5.75	3.78
Fe ₁₁₃	89	24	5.80	4.04
ОЦК	1	0	8	6

Количество соседей и первых, и вторых растет по мере увеличения размеров наночастиц, но их значения далеки от кристаллических (табл.1, последняя строка) даже для самой крупной из них (113 атомов Fe). Т.е. структуры наночастиц существенно отличаются от регулярной ОЦК структуры кристалла Fe.

В табл. 2 приведены результаты оптимизации параметров наночастиц Fe. В последней строке представлены данные для ОЦК Fe. Все расстояния отличаются от аналогичных в кристалле, но с ростом диаметра наночастиц различия между ними уменьшаются.

Таблица 2
Оптимизированные структурные параметры и энергии связи наночастиц Fe.

структура	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	E _b
Fe ₉	0.221								-6.017
Fe ₁₅	0.242	0.271							-6.622
Fe ₂₇	0.237	0.293	0.378						-6.785
Fe ₅₁	0.260	0.270	0.399	0.454					-7.117
Fe ₅₉	0.242	0.281	0.398	0.460	0.478				-7.231
Fe ₆₅	0.245	0.285	0.403	0.468	0.479	0.553			-7.246
Fe ₈₉	0.241	0.286	0.391	0.474	0.483	0.564	0.593		-7.251
Fe ₁₁₃	0.245	0.283	0.400	0.474	0.483	0.562	0.622	0.626	-7.395
ОЦК	0.244	0.281	0.397	0.467	0.486	0.564	0.614	0.630	-8.211

Примечание: R_n – расстояние от центра наночастицы до атома оболочки n, нм; E_b – энергия связи, приходящаяся на один атом металла, эВ.

Важной характеристикой электронной структуры является энергия связи, она всегда является отрицательной, а ее величина характеризует насколько состояние связано. С ростом количества атомов наночастицы энергия связи по модулю растет, но все еще далека от кристаллической.

Заключение. Методами теории функционала плотности выполнены неэмпирические расчеты электронной структуры трехмерных наночастиц железа с диаметром до 1.25 нм. Получены структурные параметры наночастиц и энергии связи. Проведено сравнение с аналогичными величинами в кристаллическом железе.

Список литературы

1. Бутько В. Г. Структурные, электронные и магнитные свойства нанопроводов железа различного диаметра / В. Г. Бутько, А. А. Гусев, Т. Н. Шевцова, Ю. Г. Пашкевич // Физика низких температур. – 2012. – Т. 38, №12. – С. 1433-1438.
2. Чжан Вай-Сян. Наноразмерные частицы железа для восстановления окружающей среды. Обзор / Вай-Сян Чжан // Журнал исследований наночастиц. – 2003. – Т.5, №3-4. – С. 323-332.

УДК 538.9

ФАЗООБРАЗОВАНИЕ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ $(1-x)\text{Na}_{0.5}\text{V}_{1.5}\text{TiO}_3$ - $x\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$

Глазунова Е.В., канд. физ.-мат. наук,

Шилкина Л.А., Вербенко И.А., д-р физ.-мат. наук

Научно-исследовательский институт физики ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, РФ

kate93g@mail.ru

Введение. В настоящее время актуальны исследования, направленные на разработку новых бессвинцовых пьезоэлектриков, функциональные свойства которых не уступают используемым в промышленности материалам на основе цирконата-титаната свинца. Твердые растворы (ТР) со структурой типа перовскита на основе $\text{Na}_{0.5}\text{V}_{1.5}\text{TiO}_3$ относятся к одному из наиболее перспективных объектов, ввиду относительно высоких пьезоэлектрических характеристик, а также остаточной поляризации ~ 40 мкКл/см², что перспективно для применения в устройствах накопления энергии [1, 2]. Ранее было показано, что путем введения добавок в эти керамики можно изменять электрофизические свойства в широком диапазоне [3, 4].

В связи с этим, данная работа направлена на установление особенностей формирования диэлектрических свойств керамик состава $(1-x)\text{Na}_{0.5}\text{V}_{1.5}\text{TiO}_3$ - $x\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$.

Экспериментальная часть. В настоящей работе в качестве объектов были выбраны ТР системы $(1-x)\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ - $x\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$. Их изготавливали методом двухстадийного твердофазного синтеза и спекания по обычной керамической технологии: $T_{\text{синт1}}, T_{\text{синт2}} = 850^\circ\text{C}-970^\circ\text{C}$ (в зависимости от состава); $\tau_{\text{синт1}} = \tau_{\text{синт2}} = 4$ часа, $T_{\text{сп.}} = 1125^\circ\text{C}-1160^\circ\text{C}$ (в зависимости от состава) $\tau_{\text{сп.}} = 2$ часа.

Рентгенографические исследования проводились с использованием дифрактометра ДРОН-3 (отфильтрованное $\text{Co}_{K\alpha}$ -излучение, схема фокусировки по Брэггу-Брентано).

Определение экспериментальной плотности ($\rho_{\text{эксп.}}$) образцов осуществляли методом гидростатического взвешивания в н-октане. Расчет рентгеновской плотности ($\rho_{\text{рентг.}}$) производили по формуле: $\rho_{\text{рентг}} = 1.66 * \frac{M*Z}{V}$, где Z – число формульных единиц, M – вес формульной единицы в граммах, V – объем перовскитной ячейки в \AA . Относительную плотность ($\rho_{\text{отн.}}$) рассчитывали по формуле $\rho_{\text{отн.}} = \frac{\rho_{\text{эксп.}}}{\rho_{\text{рентг}}} * 100\%$.

Зависимости действительной (ϵ'/ϵ_0) и мнимой (ϵ''/ϵ_0) частей относительной комплексной диэлектрической проницаемости от температуры были получены с помощью LCR-метра Agilent E4980A на специально сконструированном в НИИ физики автоматическом стенде с программным комплексом «Kalipso» в интервале температур $(25-500)^\circ\text{C}$ и частот $1\text{кГц}-1\text{МГц}$.

Результаты и обсуждения. Рентгенографический анализ керамик системы $(1-x)\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ - $x\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$ показал, что между $\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$ и $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3$ образуется непрерывный ряд ТР. Об этом свидетельствует отсутствие на рентгенограммах следов примесных фаз.

Диэлектрические спектры ТР системы $(1-x)\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$ - $x\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3$ в зависимости от температуры на частоте 1МГц представлены на рис.

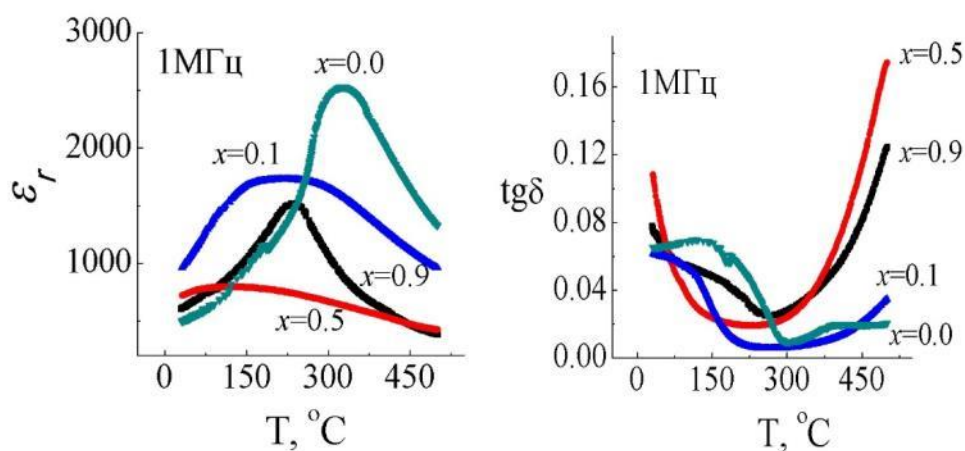


Рис. Зависимости ϵ' и $\text{tg}\delta$ от температуры в ТР системы $(1-x)\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ - $x\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$.

На рис. видно, что в $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3$ ($x=0.0$) формируются две аномалии при температурах 325°C и 180°C , которые, согласно литературе, относятся к фазовым переходам из кубической в тетрагональную и из тетрагональной в ромбоэдрическую фазы, соответственно. Введение в систему $\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$ ($x=0.1$) приводит к смещению обоих переходов в область более низких температур, а также к формированию одного широкого максимума на зависимости $\varepsilon_r(T)$. При этом происходит уменьшение значения ε_r в максимуме. При введении в систему 50 мол. % $\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$ максимум на зависимости $\varepsilon_r(T)$ не наблюдается, что, вероятно, обусловлено его смещением в более низкотемпературную область. Значение ε_r в ТР с $x=0.5$ уменьшается в 3 раза по сравнению с $\text{Bi}_{0.5}\text{Na}_{0.5}\text{TiO}_3$. При дальнейшем увеличении концентрации $\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$ ($x = 0.9$) на зависимости $\varepsilon_r(T)$ формируется максимум при $T_C=230^\circ\text{C}$. Это свидетельствует о том, что при $x>0.5$ температура фазового перехода снова сдвигается в более высокотемпературную область. Анализ зависимостей $\text{tg}\delta(T)$ позволяет убедиться в низком уровне диэлектрических потерь в указанных материалах. Важно отметить, что в ТР с $x = 0.1$ высокое значение диэлектрической проницаемости сохраняется в широком интервале температур при минимальных значениях $\text{tg}\delta$ в этом интервале, что подчеркивает перспективность применения ТР указанной системы в зарядовых накопителях.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о том, что система $(1-x)\text{Na}_{0.5}\text{Bi}_{0.5}\text{TiO}_3$ - $x\text{Na}_{0.5}\text{K}_{0.5}\text{NbO}_3$ является перспективным бессвинцовым кандидатом, для замены свинецсодержащих керамик в пьезоэлектрической промышленности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности научный проект № 0852-2020-0032)/(БА30110/20-3-07ИФ), ЦКП НИИ физики ЮФУ.

Список литературы

1. High-performance dielectric ceramic films for energy storage capacitors: progress and outlook / H. Palneedi, M. Peddigari, G.-T. Hwang, D.-Y. Jeong, J. Ryu // *Adv. Funct. Mater.* – 2018. – 28. – Art.№ 1803665. – DOI: 10.1002/adfm.201803665.
2. Dielectric stability and energy-storage performance of BNT-based relaxor ferroelectrics through Nb^{5+} and its excess modification / J. He, X. Liu, Y. Zhao, H. Du, T. Zhang, J. Shi // *ACS Appl. Electron. Mater.* – 2022. – 4. – PP. 735-743. – DOI: 10.1021/acsaelm.1c01129.
3. Ultra-high energy storage density and enhanced dielectric properties in BNT-BT based thin film / Y. Xie, H. Hao, J. Xie, S. Zhang, M. Cao, Z. Yao, H. Liu // *Ceram. Int.* – 2021. – 47. – PP. 23259-23266. – DOI: 10.1016/j.ceramint.2021.05.038.
4. Sm doped BNT–BZT lead-free ceramic for energy storage applications with broad temperature range / Z. Pan, H. Hao, D. Li, Q. Guo, Z. Yao, M. Cao, H. Liu // *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* – 2022. – 33. – PP. 14644-14654. – DOI: 10.1007/s10854-022-08383-7.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ЯВЛЕНИЙ В СИСТЕМАХ МЕТАЛЛ-ВОДОРОД С ПОМОЩЬЮ ДИАГРАММ ХЕКМАНА

Глухова Ж.Л., канд. физ.-мат. наук, доц., *Щёголева Т.А.*

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

В результате взаимосвязи физических воздействий различной природы в материалах возникают сопряженные физические явления. Примерами таких явлений выступают термоупругость [1] и водородоупругость [2,3]. В данной статье сделана попытка представить совокупность возможных сопряженных явлений в системах металл-водород (Me-H) в неравновесных условиях с помощью диаграмм Хекмана. Водородное воздействие на систему Me-H рассматривается в совокупности с другими видами воздействия.

На рис. 1 представлены диаграммы Хекмана, иллюстрирующие взаимозависимость водородного, механического и термического воздействий. Факторы воздействий (C_{H_2} – концентрации водорода, σ_{ij} – механические напряжения; T – температура) являются в понятиях термодинамики «обобщенными силами». Они на диаграмме размещены в вершинах внешнего треугольника. В вершинах внутреннего треугольника помещены непосредственные результаты воздействия обобщенных сил (μ – химпотенциал, ε_{ij} – деформации, S – энтропия).

Малое изменение напряжений $d\sigma_{ij}$ в соответствии с законом Гука вызывает деформации $d\varepsilon_{ij}$, описываемые соотношением $d\varepsilon_{ij} = S_{ijkl}d\sigma_{kl}$, где S_{ijkl} – тензор упругих постоянных. При изменении концентрации водорода изменяется химический потенциал μ системы Me-H. В то же время изменение температуры dT приводит к изменению энтропии dS . Данные эффекты представлены линиями, соединяющими внутренние и внешние вершины треугольников.

Сопряженные явления и соответствующие им эффекты представлены линиями связи между вершинами внешнего, а также между вершинами внутреннего треугольников.

Термоупругие явления представлены в нижней части диаграммы. Это тепловое расширение (деформации, причиной которых является изменение температуры) и пьезокалорический эффект (тепловыделение вследствие механических напряжений). Изменение температуры при невозможности свободного расширения материала приводит к возникновению термических напряжений и выделению тепла. Эти эффекты показаны горизонтальными линиями.

Левая часть диаграммы иллюстрирует водородоупругие эффекты: водородное концентрационное (ВК-) расширение металлической решетки; ВК-напряжения и поток водорода, причиной которого является градиент напряжений («восходящая» диффузия).

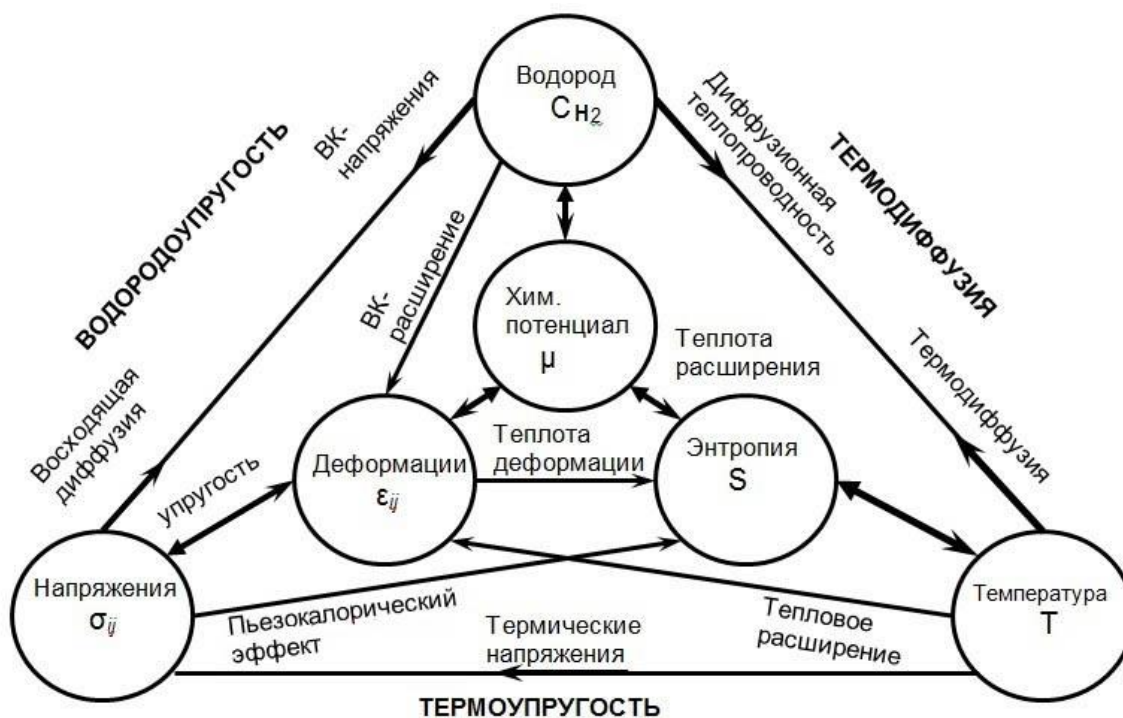


Рис. 1. Взаимосвязь между механическими, концентрационными и тепловыми параметрами системы Me-H

В правой части представлено явление термодиффузии. Оно проявляется в виде перераспределения водорода под воздействием градиента температуры. Данное явление проявляется также в сопутствующих эффектах. Во-первых, это выделение либо поглощение тепла при растворении водорода (теплота растворения). Во-вторых, это появление разности температур в результате диффузии (диффузионная теплопроводность).

Таким образом, данная диаграмма адекватно отображает эффекты, проявляющиеся в системе Me-H при изменении представленных «обобщенных сил» водородного, механического и термического воздействий.

На рис. 2 представлена диаграмма Хекмана, иллюстрирующая взаимозависимость водородного, механического и магнитного воздействия.

Диаграмма отличается от предыдущей тем, что вместо температуры T в правой внешней вершине представлена иная «сила». Это напряженность магнитного поля \vec{H} . Вместо энтропии S в этом случае выступает вектор намагниченности \vec{J} , который можно представить в виде функции $\vec{J} = f(\vec{H})$, зависящей от магнитных свойств материала.

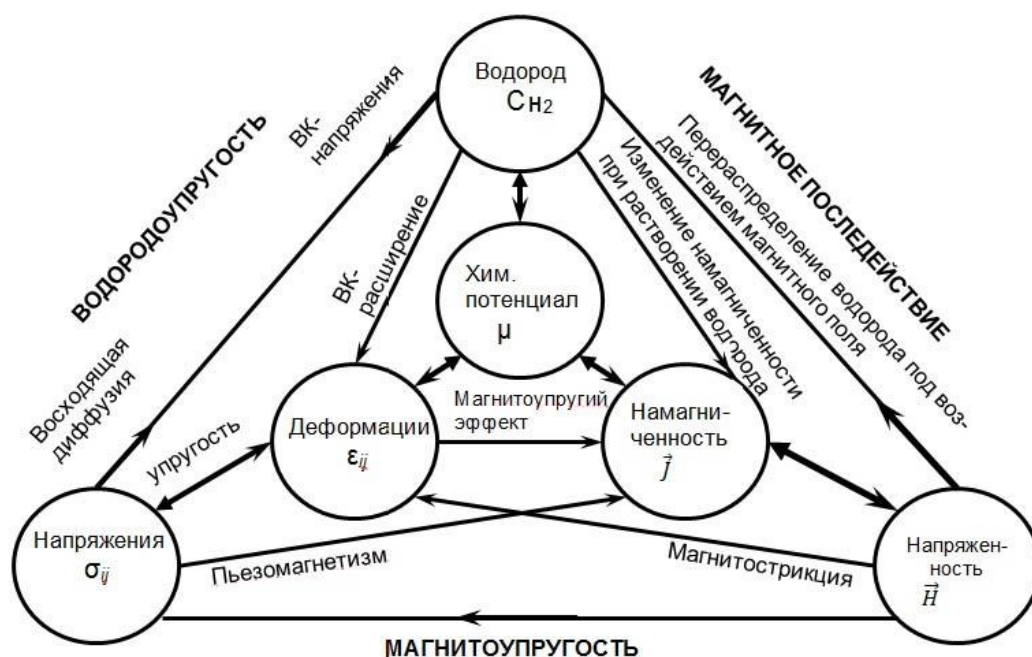


Рис. 2. Взаимосвязь между механическими, концентрационными и магнитными параметрами систем Me-H

В нижней части данной диаграммы представлены магнитоупругие эффекты. Это магнитострикционная деформация и пьезомагнетизм у ферромагнетиков, магнитоупругий эффект.

Левая часть диаграммы такая же, как и на диаграмме на рис. 1 и не нуждается в дополнительном пояснении. В правой части диаграммы представлены сопряженные эффекты, которые наблюдаются при водородном и магнитном воздействии на металл. Это перераспределение водорода под воздействием магнитного поля, изменение намагниченности материала при растворении водорода. Магнитные эффекты, обусловленные растворением водорода в металле, можно условно назвать водородным магнитным последствием.

Таким образом, представленные выше диаграммы Хекмана позволяют на качественном уровне анализировать взаимосвязанность водородных концентрационных, тепловых, упругих и магнитных воздействий, а также связанных с ними физических эффектов и явлений.

Список литературы

1. Коваленко А. Д. Введение в термоупругость / А. Д. Коваленко. – Киев: Наукова думка, 1965. – 203 с.
2. Goltsov V. A. 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.
3. Глухова Ж. Л. Явление водородоупругости в системах металл-водород / Ж. Л. Глухова, В. А. Гольцов // Альтернативная энергетика и экология. – 2014. – № 1. – С. 138–151.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНТАКТА МЕТАЛЛ-УГЛЕРОДНАЯ ПЛЕНКА

Изотов А.И., Кильман Г.В., Сироткин В.В.,

Шалаев Р.В., канд. физ.-мат. наук

ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, РФ

sharos@donfti.ru

Введение. Контакт металл–полупроводник (барьер Шоттки) привлекает внимание исследователей уже не одно десятилетие. Как известно, именно с контактом металл-полупроводник принято связывать начало исследований в области полупроводниковой электроники в конце XIX века, а с начала 60-х годов прошлого века – современный этап в развитии СВЧ-электроники. Что касается вовлечения в практику новых полупроводниковых материалов, то достаточно перспективными в этом отношении на сегодняшний день представляются углеродные материалы [1-2]. Традиционная кремниевая платформа не отвечает многим современным требованиям, и все чаще в качестве ее потенциальной замены в отдельных нишах исследователи называют именно углерод. Благодаря огромному разнообразию аллотропных форм этот материал обладает немалым потенциалом во многих областях, но для электроники он представляет особый интерес.

Учитывая все вышесказанное, создание и исследование контакта «металл-углерод» представляется довольно актуальной задачей. В данной работе мы рассмотрели некоторые электрические свойства такого контакта.

Основные результаты. Образцы для исследований были получены методом магнетронного распыления графита в атмосфере аргона: углеродные графитоподобные пленки наносились на подложки из диэлектрика и металла (титан или инструментальная хромистая сталь). Плазма создавалась с помощью магнетрона постоянного тока планарной конструкции с плоским катодом и кольцевым анодом. Условия напыления образцов на всех видах подложек были одинаковы: давление газа в камере составляло 150 mTorr, время роста пленок 40 min, температура подложки 350°C, ток магнетрона 40 mA.

Электрические свойства полученных образцов изучались в термокамере в диапазоне от 20 °C до 150 °C. Согласно работе [2] проводимость перпендикулярную направлению роста пленки называют поперечной, а вдоль направления роста – продольной. Поперечная проводимость измерялась двухзондовым методом в пленках на стеклянной подложке (чтобы исключить влияние хорошо проводящей металлической

подложки) в диапазоне напряжений от -10 V до $+10\text{ V}$. Продольная проводимость измерялась в пленках, напыленных на металлические подложки. Измерения проводились в структуре: подложка–углеродная пленка–измерительный контакт. Были получены температурные зависимости сопротивления углеродных пленок и вольт-амперные характеристики контакта металл-углерод. По температурным зависимостям графическим путем была оценена ширина запрещенной зоны полученных образцов.

Выращенные пленки демонстрируют преимущественно графитоподобные свойства: цвет варьируется от темно-серого до почти черного, адгезия относительно слабая. Температурная зависимость сопротивления пленок носит классический полупроводниковый характер: уменьшение сопротивления с ростом температуры ($dR/dT < 0$). Таким образом показано, что в результате работы были получены углеродные пленки с полупроводниковыми свойствами.

По наклону графика $\ln R(1/T)$ зависимости сопротивления возможно оценить ширину запрещенной зоны полученной углеродной пленки. Мы выбирали высокотемпературный участок графика, где проводимость классического полупроводника преимущественно определяется собственной проводимостью. Расчеты показали, что ширина запрещенной зоны пленки составляет примерно 0.29 eV (в предположении, что мы имеем нелегированный или слаболегированный полупроводник).

Таким образом, при напылении такого рода пленок на металлические подложки получаем контакт типа «металл-полупроводник», который и является предметом исследования в данной работе. Рассмотрим некоторые особенности этих контактов.

Вольт-амперные характеристики полученных контактов нелинейны и несимметричны (см. рис.), следовательно, можно говорить о получении выпрямляющего контактного перехода «металл-полупроводник» (с потенциальным барьером Шоттки). В настоящее время существует немало количество диодов на основе барьера Шоттки, а предъявляемые к ним требования довольно сильно различаются и зависят от области применения. Полупроводниковые материалы, наиболее часто используемые в современных диодах – кремний, карбид кремния и арсенид галлия. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки. Если же говорить о материале, использованном в данной работе, то вольт-амперная характеристика демонстрирует, как минимум, одно его очевидное преимущество по сравнению с большинством других материалов: контакт на его основе переходит в открытое состояние при очень малых значениях напряжения ($\sim 50\text{-}100\text{ }\mu\text{V}$). Данное свойство может быть интересным во многих прикладных областях, что позволяет говорить о перспективности дальнейших исследований в этом направлении.

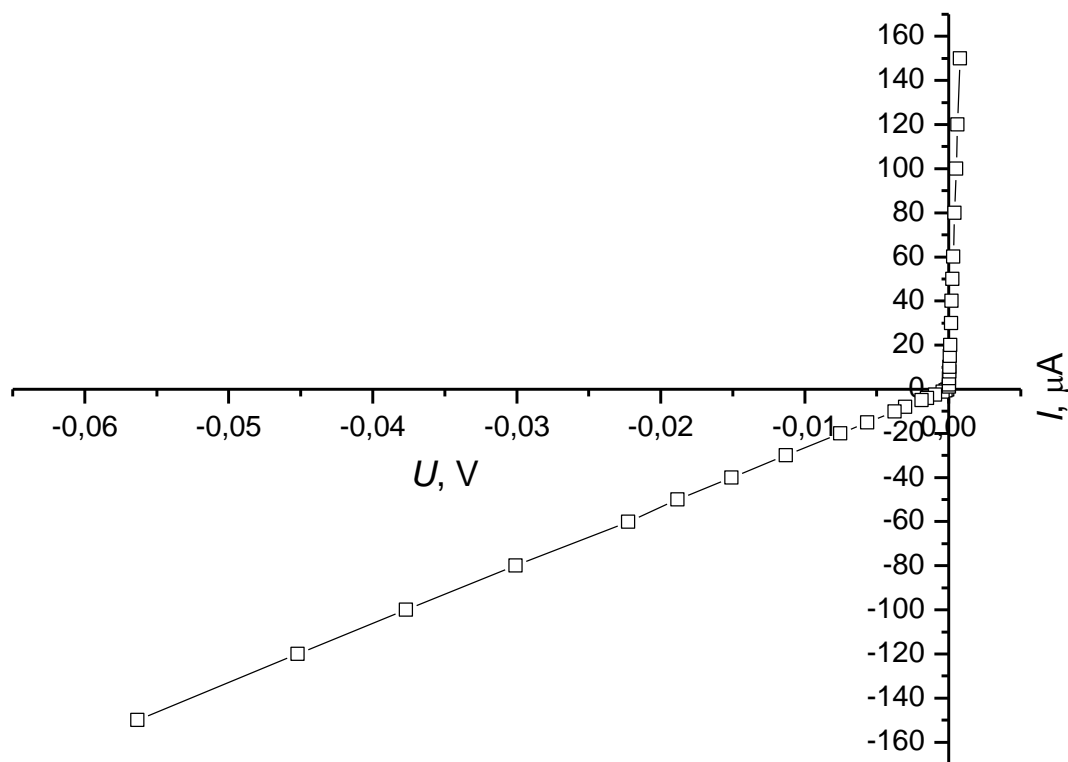


Рис. Вольт-амперная характеристика контакта «титан-углерод»

Заключение. Предварительные исследования полученных образцов позволяют высказать предположение, что графитоподобные углеродные пленки могут успешно применяться в выпрямляющих переходах «металл-полупроводник» с барьером Шоттки. Согласно данным вольт-амперных характеристик, контакт «металл-углеродная пленка» переходит в открытое состояние при очень малых значениях напряжения, таким образом, можно говорить о том, что предлагаемый полупроводниковый материал в некоторых областях будет обладать определенными преимуществами перед традиционными материалами.

Список литературы

1. Калинин Ю. Е. Электрические свойства тонких пленок аморфного углерода, полученных методом ионно-лучевого напыления / Ю. Е. Калинин, М. А. Каширин, В. А. Макагонов, С. Ю. Панков, А. В. Ситников // ЖТФ. – 2017. – Т. 87, вып. 11. – С. 1722-1728.
2. Хвостов В. В. Свойства углеродных пленок с высокой анизотропией проводимости / В. В. Хвостов, О. А. Стрелецкий, В. В. Якунин, И. П. Иваненко, Е. А. Кралькина, В. Б. Павлов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон. – 2012. – № 1. – С. 78–82.

ПРОЗРАЧНАЯ КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

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

Глазунова В.А., Волкова Г.К., Лоладзе Л.В., Носолев И.К.

ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, РФ
tet25kon@mail.ru

Введение. Диоксид циркония, как известно, будучи в виде монокристаллов стабильной кубической модификации, является абсолютно прозрачным. В случае метастабильной тетрагональной модификации его монокристаллы полупрозрачны из-за дефектности структуры, связанной с напряжениями, возникающими в процессе роста кристаллов.

В керамическом исполнении и кубический и тетрагональный диоксид циркония непрозрачны в связи с эффектом многократного рассеяния и интерференции света разориентированными зернами и их границами.

Тем не менее относительно недавно стало известно, что при определенных режимах спекания есть вероятность получить прозрачную керамику, но только в виде относительно тонких, порядка 1 мм пластинок, используя при этом только порошки крупного разряда (более 1 мкм) [1].

Основная часть. Авторами данной работы было установлено, что используя именно нанопорошки все же возможно получить прозрачную керамику в тонком керамическом слое при условии использования высоких гидростатических давлений (до 1000 МПа) и последующей реализации полноценного спекания нанопорошков.

Дальнейшие исследования показали, что применение сверхвысоких (7500 МПа) давлений может обеспечить полупрозрачность исходных образцов в керамическом слое до 5 мм даже без последующего спекания.

Давление 7500 МПа обеспечивалось в камерах сверхвысокого давления типа тороид и гидравлического пресса усилием 2000т. Кроме образцов порошков, описанных ранее, имеющих кубическую, тетрагональную и моноклинную кристаллическую решетку, содержащую 8; 3 и 0 мол.% Y_2O_3 , были исследованы порошки тетрагональной модификации с различным исходным размером частиц (18 и 31 нм).

Кроме этого, проведены эксперименты по влиянию предварительного гидростатического обжата (до 300 МПа) и нагрева до 400 С в камере высокого давления. Для сравнения в условиях сверхвысокого давления были обжаты также порошки аморфных гидроксидов циркония.

Обнаружено, что увеличение размера зерна, предварительное гидростатическое давление и повышение температуры при обжате до 7500 МПа не улучшают степень прозрачности компактов несмотря на очень высокие значения достигаемой плотности образцов (88-95%).

Компакты, полученные из гидроксидов, оказываются вообще непрозрачными даже в тонких сечениях.

Заключение. Полученные результаты объясняются с позиции самоорганизации системы наночастиц в условиях внешних механических воздействий, которые заключаются в ориентированном присоединении наночастиц под влиянием высоких давлений и совершенствовании границ между ними. Благодаря сильному взаимодействию наночастиц между собой в системе реализуются коллективные сдвиги и повороты групп частиц без потери связи с соседними частицами подобно протеканию пластической деформации кристаллических твердых тел на мезоуровне.

Список литературы

1. Лебедеко И. Ю. Прозрачная керамика на основе диоксида циркония для изготовления монолитных зубных протезов / И. Ю. Лебедеко, Е. Е. Дьяконенко, Д. А. Сахабиева, Э. Ллака // Обзор публикаций в международных журналах. Часть 1. Стоматология. – 2020; 99(5). – С. 111-115.

УДК 538.9+51-72

АКТИВАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕДАХ

Кузенко Д.В., канд. физ.-мат. наук

ГБУ «Научно-исследовательский институт «Реактивэлектрон»», г. Донецк, РФ
danil.kuzenko.84@yandex.ru

Введение. В теории конденсированного состояния вещества активация является одним из фундаментальных процессов, который приводит к изменению структуры и свойств вещества [1]. Так, электронно-дырочная и прыжковая проводимости в полупроводниках является следствием движения заряженных носителей заряда, а диффузия и массоперенос в твердом теле в более общем случае является следствием активации движения структурных элементов вещества. Известно, что эта активация является температурно-зависимой и описывается экспоненциальной зависимостью, которая имеет вид уравнения Аррениуса для скорости протекания химической реакции. При этом уравнение Аррениуса само является следствием более глубокого и фундаментального закона, определяющего вероятность нахождения системы в определенном состоянии как функции энергии этого состояния и температуры системы – распределения Больцмана (или распределения Гиббса).

Основная часть. В этой работе предлагается модель активационного процесса, в котором отклик вещества на изменение амплитуды внешнего воздействия является суперпозицией n экспоненциальных функций с собственными значениями энергии активации U_i :

$$F(E) = \sum_{i=1}^n a_i(U_i) \cdot b_i(E) \cdot \exp\left(-\frac{U_i}{E}\right),$$

где $F(E)$ – функция отклика, $a_i(U_i)$ – коэффициент, зависящий от собственного значения энергии активации; $b_i(E)$ – коэффициент, зависящий от амплитуды внешнего воздействия; U_i – энергия i -го активационного процесса, E – амплитуда внешнего воздействия.

Внешним воздействием может быть действие температурного или радиационного нагрева, электрического или магнитного поля, механического напряжения, а также других физических полей. По масштабу влияния, внешнее воздействие может проявляться как на атомном (молекулярном) уровне, так и на макроскопическом уровне. Увеличение амплитуды внешнего воздействия приводит к переходу от процесса с низкой энергией активации к процессу с более высокой энергией активации, что является естественным процессом.

Определение параметров для каждого из процессов возможно двумя способами. Первый способ – это построение и анализ сил, действующих на активируемый элемент. Второй способ – это рассмотрение гамильтониана элемента, который начинает давать вклад в отклик системы при превышении пороговой энергии – энергии активации. В последнем случае из гамильтониана можно определять и квантовые состояния системы. Это представляется возможным, поскольку полная энергия системы образует дискретный спектр энергий активации.

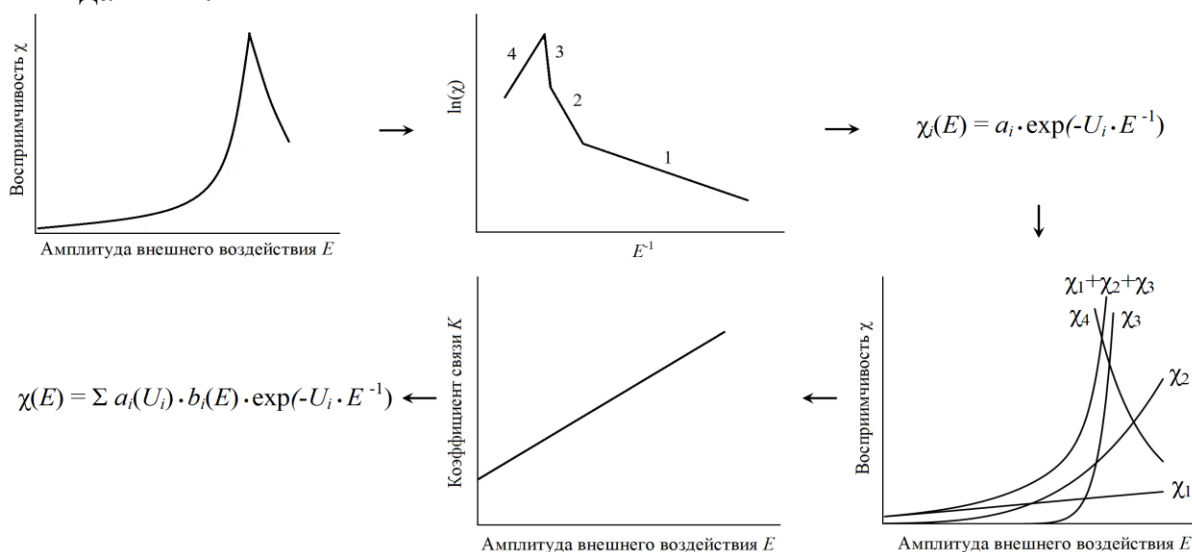
Ранее нами для сегнетоэлектрика $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ были определены значения критических электрических полей и температур, воздействие которых приводит к необратимым изменениям диэлектрических и пьезоэлектрических свойств [2,3]. Что, по нашему мнению, было вызвано активационными процессами необратимого изменения доменной структуры. Это позволило нам в дальнейшем определить активационный механизм для температурной зависимости диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрической керамики $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$, которую мы описали экспоненциальной зависимостью типа уравнения Аррениуса [4].

На основе этих исследований мы предлагаем схему определения параметров активационного процесса для температурной зависимости диэлектрической проницаемости образцов $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ в частности и для амплитудной зависимости восприимчивости конденсированного вещества в целом:

1. Определение зависимости восприимчивости исследуемого материала амплитуды внешнего воздействия $\chi(E)$;
2. Построение зависимости логарифма восприимчивости от обратной амплитуды внешнего поля $\ln(\chi)(E^{-1})$;
3. Определения параметров для каждого из элементарных активационных процессов, на которые можно разделить зависимость $\ln(\chi)(E^{-1})$ – предэкспоненциального множителя и энергии активации;

4. Построение амплитудных зависимостей $\chi_i(E)$ для каждого из элементарных процессов, определенных по зависимости $\ln(\chi)(E^{-1})$, а также для суммы этих зависимостей $\sum_1^n \chi_i(E)$;
5. Определение коэффициента связи K экспериментальной зависимости $\chi(E)$ и расчетной, определенной как сумма элементарных активационных процессов $\sum_1^n \chi_i(E)$;
6. Построение функции отклика, учитывающей предэкспоненциальные множители $a(U)$, энергии активации U для каждого из элементарных активационных процессов, а также коэффициент связи K .

В согласии с описанными выше пунктами представим графически процесс получения функции отклика, удовлетворяющей экспериментальным данным:



Заключение. Модель активационных процессов в конденсированных средах может быть полезна при анализе имеющихся амплитудных зависимостей откликов системы (проводимости, диффузии, и т.д.), а также для целенаправленного формирования амплитудно-полевых зависимостей, необходимых для практического применения конкретных материалов в качестве активных или пассивных элементов.

Список литературы

1. Павлов П. В., Хохлов А. Ф. Физика твердого тела: учеб. – Москва: Высшая школа, 2000. – 494 с. – ISBN 5-06-003770-3.
2. Kuzenko D. V. Energy approach to the dependence of the parameters of ferroelectric ceramics $(\text{Pb}_{0.95}\text{Sr}_{0.05})(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ on a DC electric field / D. V. Kuzenko, A. I. Bazhin, N. A. Spiridonov // *Ferroelectrics*. – 2021. – Vol. 573, № 1. – P. 76–86. – DOI: 10.1080/00150193.2021.1890465.
3. Kuzenko D. V. Critical temperature below the Curie temperature of ferroelectric ceramics PZT / D. V. Kuzenko // *Journal of Advanced Dielectrics*. 2021. – Vol. 11, № 1 – P. 2150006. – DOI: 10.1142/S2010135X21500065.
4. Kuzenko D. V. Temperature-activation mechanism of the temperature dependence of the dielectric constant of ferroelectric ceramics PZT / D. V. Kuzenko // *Journal of Advanced Dielectrics*. 2022. – Vol. 12, № 3 – P. 2250010. – DOI: 10.1142/S2010135X22500102.

ОСОБЕННОСТИ МЕЖЗЕРЕННЫХ И МЕЖФАЗНЫХ ГРАНИЦ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Мельник Т.Н.¹, канд. физ.-мат. наук,
Юрченко В.М.¹, д-р физ.-мат. наук, проф.,
Терехов С.В.¹, д-р физ.-мат. наук, доц.,
Петренко А.Г.², д-р физ.-мат. наук, проф.

¹ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, РФ

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

ttt_meln@rambler.ru

Введение. Пристальное внимание, уделяемое в последнее время исследователями материалам с усложненной, наноразмерной структурой обусловлено повышенным уровнем либо уникальностью физических свойств, которые демонстрируют подобные материалы. Изучение этой структуры является одной из важнейших задач современного материаловедения.

В нанокристаллических материалах существенно изменяются механические, тепловые и магнитные свойства. При определенных условиях эти материалы могут быть сверхтвердыми или сверхпластичными. К примеру, твердость нанокристаллического никеля увеличивается в несколько раз, а прочность на растяжение возрастает в 5 раз. В нанокристаллических и нанопористых материалах также резко увеличивается удельная поверхность, что приводит к повышению реакционной способности нанокристаллов. Размерная зависимость поверхностной энергии влечет за собой соответствующую зависимость температуры плавления, которая для нанокристаллов становится меньше, чем для макрокристаллов. В ферромагнитных наночастицах, при уменьшении размера ниже некоторого критического значения, состояние разбиения на домены становится энергетически невыгодным для системы. В результате наночастицы превращаются из полидоменных в однодоменные, при этом получая особые магнитные свойства. Большое число подобных примеров и обуславливает необходимость углубленного и подробного анализа процессов, происходящих на границах раздела в наноматериалах.

Свойства твердой границы сосуществующих фаз. Поверхность раздела фаз характеризуется ненасыщенностью физических и химических связей частиц. Для большинства конденсированных фаз поверхностные силы возникают вследствие специфических и слабо насыщаемых ван-дер-ваальсовых и водородных связей. Действуют эти силы на больших расстояниях и определяются объёмными свойствами сосуществующих фаз. Другими словами, пограничная область появляется при достижении

критической температуры при фазовом переходе I рода; существует за счёт равенства встречных потоков энергии, вещества и энтропии из фазы в фазу; подвергается деформации при изменении механических, тепловых или других условий сосуществования фаз; при достижении внешними воздействиями пороговых значений изменяет агрегатное состояние или исчезает; является хранилищем информации о соприкасающихся фазах [1-2].

В результате проведенного термодинамического исследования [3] свойств твердой межфазной поверхности, получены зависимости концентрации вещества от температуры, дифференциала поверхностного натяжения от дифференциалов температуры и химического потенциала вещества на границе раздела, адсорбции от производной поверхностного натяжения по концентрации. Найдены условия равенства относительных и абсолютных значений внутренних энергий границы и твердой объемной фазы. Выдвинута гипотеза о зависимости поверхностного натяжения границы раздела фаз от адсорбции, химического потенциала вещества и линейного инварианта тензора поверхностных деформаций.

Проведенное исследование показало, что поверхностное натяжение межфазной границы является функцией температуры и химического потенциала вещества на поверхности раздела фаз. Производные от поверхностного натяжения по этим переменным определяют термодинамическую информацию и адсорбцию. Представление поверхностного натяжения в виде суммы адсорбционной и деформационной энергий из расчёта на единицу площади границы позволило определить термодинамическую информацию и критическую температуру фазового перехода I рода.

Свойства сферического зародыша и его границы. При больших скоростях охлаждения жидкого аморфизирующегося расплава переход в состояние металлического стекла вызывает образование в твердом сплаве закалочных центров или запускает начальную стадию зародышеобразования. Эти структуры наблюдаются в виде наносфер, что может быть связано с замораживанием вихрей Хилла и Хикса при резком охлаждении жидкого расплава.

Зарождение центров кристаллизации определяется предысторией получения аморфного сплава. Геометрическая форма растущего зародыша связана с энергетическим «ландшафтом» его границы и наличием необходимых компонентов в его окрестности. Стадии роста можно разбить на быструю, когда частицы осаждаются вследствие физической адсорбции, и медленную, когда адатомы диффундируют из материнской фазы в адсорбционную оболочку. Взаимодействие частиц на межфазной границе определяет ее поверхностное натяжение и другие характеристики. Снижение поверхностного натяжения происходит при формировании границы раздела фаз поверхностно-активными веществами, а его увеличение – поверхностно-инактивными компонентами. Для совместного

описания поведения этих веществ наиболее подходящим является подход на базе фрактальной геометрии.

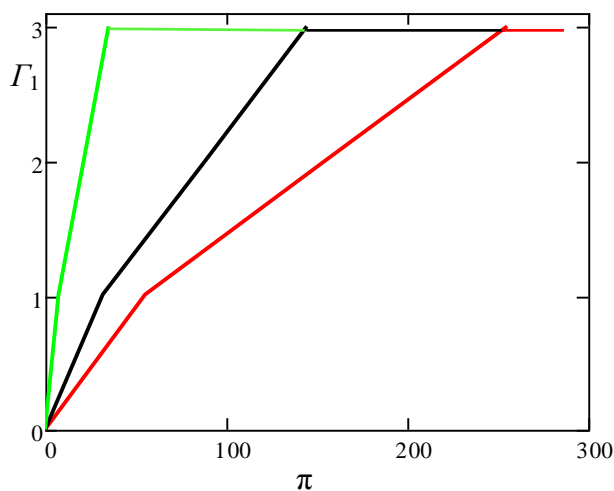


Рис. 1. Зависимость адсорбции частиц Γ_1 от приведенного давления π в «решеточной» модели

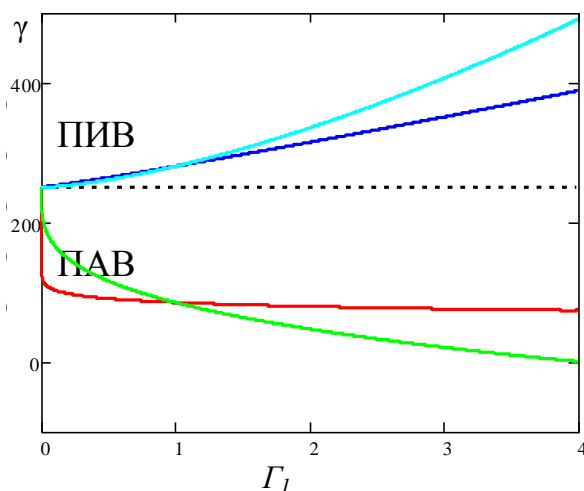


Рис. 2. Зависимость поверхностного натяжения границы γ от адсорбции частиц Γ_1

В результате теоретического исследования свойств сферического зародыша кристаллической фазы и его окрестности, установлен вид функций, определяющих рост кристаллита и температурное изменение его поверхностного натяжения. Найдены соотношения, связывающие между собой объемную долю кристаллической фазы и ее производную по температуре с радиусом зародыша и его производной по температуре в точке стеклования. Показаны различия влияния поверхностно-активных и поверхностно-инактивных веществ на границу между фазами. Введена в теорию новая характеристика для описания процессов упорядочения-хаотизации частиц на поверхности. Проанализировано строение окрестности сферического зародыша и описан процесс послойного роста кристаллита при положительном и отрицательном значении энергии смещения адатомов. В рамках модели «решеточного газа» установлена связь адсорбции с давлением в системе, указано на фрактальную природу границы.

Список литературы

1. Зенгуил Э. Физика поверхности / Э. Зенгуил. – Москва: Мир, 1990. – 536 с. – ISBN 5-03-001599-X.
2. Терехов С. В. Универсальность синергетических законов. II. Поверхность раздела фаз / С. В. Терехов // ФТВД. – 2012. – Т. 22, №2. – С. 22-36.
3. Мельник Т. Н. Свойства твердой границы сосуществующих фаз / Т. Н. Мельник, С. В. Терехов, В. М. Юрченко // ФТВД. – Т.31, №1. – С. 28-36.

СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ РАВНОВЕСНОЙ ФАЗОВОЙ ДИАГРАММЫ СПЛАВА $\text{Cu}_{1-x}\text{Ag}_x$

Метлов Л.С.^{1,2}, д-р физ.-мат. наук, проф., Гордей М.М.²

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

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

lsmet@donfti.ru@mail.ru

Введение. В работе Страумала Б.Б. и др. экспериментально наблюдались закономерности растворения серебра в матрице меди в процессе мегапластической деформации (МПД) при различных температурах отжига [1]. Главной закономерностью было то, что количество растворенного серебра в процессе МПД выходило на один и тот же стационарный уровень. Для теоретического описания этого явления авторами настоящего сообщения было предложена модель в рамках неравновесной эволюционной термодинамики [2, 3]. Компьютерные эксперименты показали, что количество растворенного серебра из различных начальных состояний, определяемых температурой отжига, в процессе МПД стремиться к одному и тому же универсальному значению (рис.).

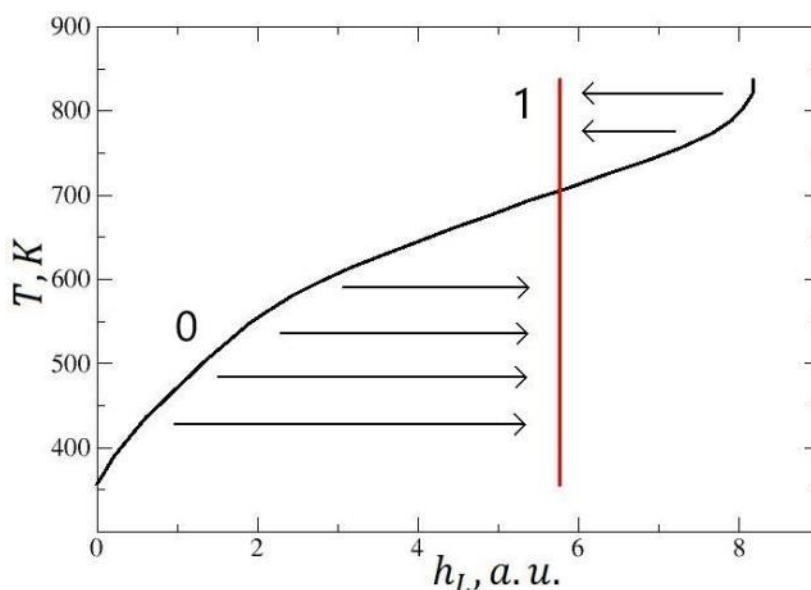


Рис. Фазовая диаграмма легирующего компонента h_L в процессе МПД:
0 – экспериментальная кривая отжига сплава, 1 – стационарное состояние
(вертикальная прямая) [2]

Однако в рамках теоретического решения данной проблемы авторами была описана исключительно эволюция состояния системы в процессе мегапластической деформации. А теоретическое построение равновесной фазовой диаграммы, достигаемой в результате отжига, было отложено на более позднее время.

Основная часть. Для достижения поставленной задачи воспользуемся подходом, предложенным в статье [4], в которой рассмотрена аналогия между фазовыми переходами порядок-беспорядок и мартенситными переходами для сплава Fe_3Al с ОЦК решеткой. В ней вместо концентрационного параметра порядка предлагается ввести деформационный. Так как, в нашем случае отжиг происходит за счет диффузии атомов серебра в матрице меди, то данный процесс можно рассматривать как диффузионный фазовый переход. Однако в результате диффузии атомы легирующего компонента могут занимать место в кристаллической решетке растворителя, тем самым нарушая её симметрию и приводя к деформационному искажению решетки.

Хорошо известно, что при низких температурах сплав стехиометрического состава Cu-Au образуют тетрагональную сверхструктуру $L1_0$, а стехиометрического состава Cu_3Au – кубическую структуру $L1_2$ [5]. По крайней мере, в первом случае аналогия с работой [4] является адекватной и можно использовать предложенный там подход.

В этом случае можно воспользоваться системой динамико-релаксационных уравнений вида [4]

$$\rho \frac{\partial^2 e_i}{\partial^2 t} + \tau \frac{\partial e_i}{\partial t} = \frac{\partial f}{\partial e_i} + \zeta_i(t), \quad (1)$$

где e_i – деформационный параметр порядка, ρ – плотность материала, τ – время релаксации, $\zeta_i(t)$ – случайные источники i -ого параметра порядка, моделирующие влияние тепловых флуктуаций или шумов.

В качестве примера рассмотрим сплав CuAg . Так как он обладает ГЦК решеткой и имеет 4 подрешетки, и при определённых условиях, вследствие искажения кристаллической решетки, может обладать тетрагональной симметрией, то в соответствии с работой [4] можем ввести две компоненты деформационного параметра порядка e_2 и e_3 . Данные компоненты будут совпадать с компонентами, вводимыми при мегапластической деформации [2]. Тогда свободная энергия будет иметь вид (см. [4] и ссылки в ней)

$$f = \frac{1}{2} a(e_2^2 + e_3^2) + \frac{1}{3} b e_3(e_3^2 - 3e_2^2) + \frac{1}{4} c(e_2^2 + e_3^2)^2. \quad (2)$$

А систему динамико-релаксационных уравнений (1) можно представить

$$\rho \frac{\partial^2 e_2}{\partial^2 t} + \tau \frac{\partial e_2}{\partial t} = \frac{\partial f}{\partial e_2} + \zeta_2(t), \quad (3)$$

$$\rho \frac{\partial^2 e_3}{\partial^2 t} + \tau \frac{\partial e_3}{\partial t} = \frac{\partial f}{\partial e_3} + \zeta_3(t), \quad (4)$$

где компоненты $\frac{\partial f}{\partial e_i}$ будут иметь данный вид [4]

$$\frac{\partial f}{\partial e_2} = e_2(a - 2be_2 + c(e_2^2 + e_3^2)), \quad (5)$$

$$\frac{\partial f}{\partial e_3} = e_3(a + 3be_3 + c(e_2^2 + e_3^2)) - be_2^2. \quad (6)$$

Заключение. В рамках вышеупомянутого подхода была переинтерпретирована система уравнений, полученная ранее для сплава Fe_3Al , для описания установления равновесного состояния в процессе отжига сплава CuAg . Данный подход также возможно использовать для сплавов с иным составом. Однако для этого необходимо уточнение деформационного параметра порядка и свободной энергии для каждого конкретного случая.

Список литературы

1. Straumal B. B. High pressure torsion of Cu–Ag and Cu–Sn alloys: Limits for solubility and dissolution / B. B. Straumal, A. R. Kilmametov, B. Baretzky, O. A. Kogtenkova, P. B. Straumal, L. Litynska-Dobrzynska, R. Chulist, A. Korneva, P. Zieba // Acta Materialia. – 2020. – V. 195. – P. 184-198.
2. Метлов Л. С. Описание мегапластической деформации сплавов в рамках неравновесной эволюционной термодинамики / Л. С. Метлов, М. М. Гордей, А. Г. Петренко // Физика и техника высоких давлений. – 2022. – Т. 32. № 1. – С. 37-47.
3. Метлов Л. С. Неравновесная эволюционная термодинамика двухкомпонентных сплавов при интенсивной пластической деформации / Л. С. Метлов, М. М. Гордей // Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы VI Международной научной конференции (Донецк, 26–27 октября 2021 г.). – Том 2: Физические и технические науки / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2021. – Т. 2. – С. 91-93.
4. Метлов Л. С. Фазовый переход порядок-беспорядок в сплаве Fe_3Al в терминах деформационного параметра порядка / Л. С. Метлов // Физика и техника высоких давлений. – 2022. – Т. 32. – № 3. – в печати.
5. Гафнер Ю. Я. Моделирование перехода $L1_2 \rightarrow$ ГЦК в нанокластерах Cu_3Au / Ю. Я. Гафнер, С. Л. Гафнер, Л. В. Редель, И. С. Замулин // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов: межвуз. сб. науч. тр. / под общей редакцией В. М. Самсонова, Н. Ю. Сдобнякова. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2017. – Вып. 9. – С. 153-159.

УДК 537.622: 538.955

ОСОБЕННОСТИ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МУЛЬТИФЕРРОИКОВ $\text{Vi}_{1-x}\text{Y}_x\text{FeO}_3$

Михайлов В.И., канд. физ.-мат. наук,

Тарасенко Т.Н., канд. физ.-мат. наук, *Кравченко З.Ф.*, *Ковалев О.Е.*

ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, РФ

mikhaylovv55@gmail.com

В последнее время системы твердых растворов на основе феррита висмута ViFeO_3 привлекают огромное внимание не только с научной точки

зрения, но и в аспекте их практического использования в различных многофункциональных устройствах [1].

Соединение со структурой перовскита BiFeO_3 (BFO) является мультиферроиком 1-го типа со следующими значениями температур сегнетоэлектрического T_{FE} и магнитного T_{N} упорядочений: ~ 1043 и 643 К для BFO [1]. Известно, что BFO имеет ромбоэдрически искаженную структуру перовскита (пространственная группа $R3c$) и антиферромагнитную (АФМ) структуру G-типа, которая деформируется взаимодействием Дзялошинского–Мория [1], действующим в плоскости (111) с образованием пространственно-модулированной циклоидной спиновой структуры с периодом ~ 62 nm. Так как это взаимодействие существенно зависит от углов поворота кислородных октаэдров, магнитные свойства BFO тесно связаны с локальной структурой октаэдра FeO_6 .

Для разрушения спиновой циклоиды в BFO мы применили метод частичного замещения ионов Bi^{3+} ионами Y^{3+} . Ион Y^{3+} со значительно меньшим ионным радиусом, чем у иона Bi^{3+} , сильно дестабилизирует фазу $R3c$, что увеличивает углы наклона октаэдров. Когда искажения достигают верхнего предела ромбоэдрической структуры, она становится неустойчивой, понижение симметрии вызывает переход к орторомбической фазе $Pbnm$ при $x \geq 0.15$ [2].

Цель работы – изучение влияния замещения ионов Bi^{3+} ионами Y^{3+} в BFO на структурные и магнитные свойства образцов мульти-ферроиков $\text{Bi}_{1-x}\text{Y}_x\text{FeO}_3$.

Результаты эксперимента и обсуждение. Образцы мультиферроиков $\text{Bi}_{1-x}\text{Y}_x\text{FeO}_3$, где $x=0.1, 0.15, 0.2, 0.3$ и 0.4 были получены по золь-гель технологии через органику. Из полученных материалов прессовались таблетки толщиной 1.5 mm и диаметром 8 mm. Таблетки мультиферроиков отжигались при температуре $T_{\text{отж.}} = 850$ °C за время 10 минут.

Кристаллическую структуру и фазовый состав полученных образцов определяли рентгенодифракционным методом на дифрактометре ДРОН-3 в $\text{Cu } K_{\alpha}$ -излучении. Рентгенофазовый анализ (РФА) рентгенограмм образцов мультиферроиков $\text{Bi}_{1-x}\text{Y}_x\text{FeO}_3$ (рис. 1) показал, что в них, помимо ромбоэдрической фазы $R3c$, наблюдается наличие орторомбической фазы (пространственная группа $Pbnm$). При $x \leq 0.1$ структура образца незначительно отличается от исходной ромбоэдрической структуры «чистого» BFO. С дальнейшим ростом степени замещения ($x > 0.15$) наряду с рефлексами структуры $R3c$ появляются рефлекс структуры $Pbnm$. Но для концентраций $x=0.2, 0.3$ и 0.4 пик (110) начинает раздваиваться. Возникает фаза, отличающаяся от орторомбической $Pbnm$.

Особенности магнитного упорядочения $\text{Bi}_{1-x}\text{Y}_x\text{FeO}_3$ с ростом замещения x были изучены, анализируя петли перемангничивания $M(H)$ для $x=0.1, 0.2, 0.3$ (рис. 2). Запись петель перемангничивания производилась с помощью вибрационного магнитометра LDJ-9500.

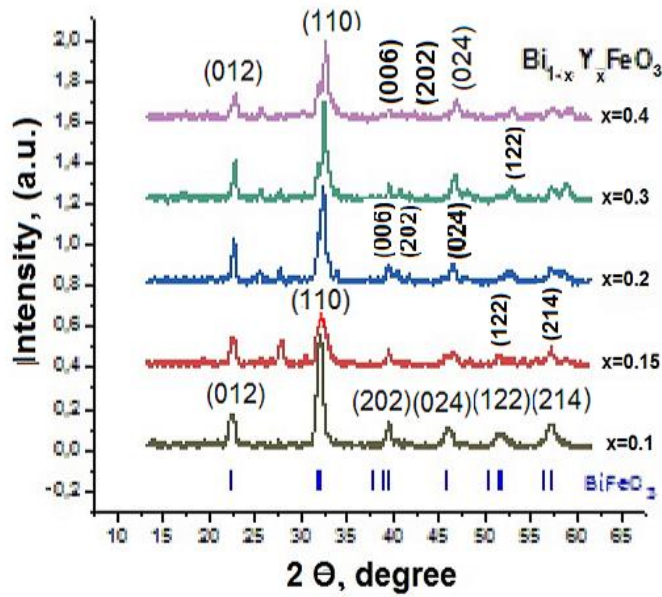


Рис. 1. Рентгенодифракто-граммы образцов мульти-ферроиков $\text{Bi}_{1-x}\text{Y}_x\text{FeO}_3$ для степени замещения $x = 0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.4$ при комнатной температуре

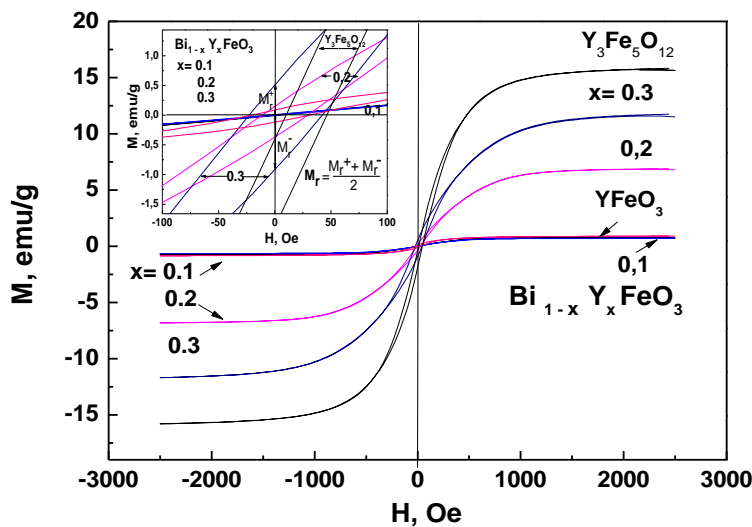


Рис. 2. Петли магнитного гистерезиса для образцов твердых растворов $\text{Bi}_{1-x}\text{Y}_x\text{FeO}_3$ сняты при $T=293\text{ K}$ и различных концентрациях замещения x

Как показали авторы работы [2], замена ионов Bi на Y и Fe на Mn при малых концентрациях замещения приводит к разрушению спиновой циклоиды в структуре $R3c$ $\text{Bi}_{1-x}\text{Y}_x\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$. Это в свою очередь ведет к росту намагниченности $M(x)$ до некоторой критической концентрации x_c . При дальнейшем росте x структура $R3c$ трансформируется в орторомбическую структуру $Pbnm$, в которой антиферромагнитное (АФМ) 180-ное суперобменное взаимодействие Fe-O-Fe подавляет слабый ферромагнетизм. С увеличением содержания иттрия в $\text{Bi}_{1-x}\text{Y}_x\text{FeO}_3$ до $x=0.3$ $M(x)$ растет в отличие от $\text{Bi}_{1-x}\text{Y}_x\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$, где $M(x)$ имеет максимум при $x=0.1$, а затем убывает [2].

Нами получено усиление ферромагнитных свойств в Y-замещенном BiFeO_3 : $M_s(0.2)=6.3 \text{ emu/g}$, $M_s(0.3)=11.7 \text{ emu/g}$. Значение M_s для $x=0.2$ примерно равно значению $M_s=6.277 \text{ emu/g}$ для $x=0.2$, полученному в работе [3].

Ответственным за столь существенный рост ферромагнетизма может быть переход при $x \geq 0.2$ орторомбической в ромбоэдрическую фазу ($R3c$) (смотри рис.1, раздвоение рефлексов (110)) с более сильным ферромагнетизмом. Рассматривается и вариант присутствия в керамике $\text{Bi}_{1-x}\text{Y}_x\text{FeO}_3$ ($x=0.2$ и 0.3) кластеров с большими ферромагнитными моментами, которые упорядочиваются параллельно в магнитном поле, содержащих, например, железо-иттриевый гранат $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ [3].

Составы $\text{Bi}_{1-x}\text{Y}_x\text{FeO}_3$ ($0.2 \leq x \leq 0.4$) – магнитомягкие ферро-магнетики, чувствительные к слабому магнитному полю. Это свойство делает их перспективными для устройств переключения электрической поляризации магнитным полем и, наоборот, переключения намагниченности электрическим полем.

Список литературы

1. Пятаков А. П. Магнитоэлектрические материалы и мультиферроики / А. П. Пятаков, А. К. Звездин // Успехи физ. наук. – 2012. – Т. 182, № 6. – С. 593-620.
2. Pandey R. Double crystal symmetries and magnetic ordering in co-substituted (Y and Mn) bismuth ferrite / R. Pandey, L. K. Pradhan, R. Kumar et al. // Ceramic International. – 2018. – V. 44 (15). – P. 18608-18616.
3. Feng B. L. Structure and multiferroic properties of Y-doped BiFeO_3 ceramics / B. L. Feng, H. Xue, Zh. X. Xiong // Chinese Science Bulletin. – 2010. – V. 55, No 4-5. – P. 452-456.

УДК 538.955

УПРАВЛЕНИЕ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ И СЕНСОРНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗОИТТРИЕВОГО ГРАНАТА

Мухин А.Б., Эфрос Н.Б.,

Николаенко Ю.М., канд. физ.-мат. наук, с.н.с.

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

Эпитаксиальные пленки железоиттриевого граната представляют собой магнитомягкий материал с высокой величиной магнитной восприимчивости и ее резкой зависимостью от магнитного поля (МП). Это позволяет изготавливать на основе этих пленок высокочувствительные сенсоры, использующие принцип прямого преобразования величины МП в рабочую частоту устройства [1,2]. На рис. 1 приведена зависимость частоты автогенератора в зависимости от внешнего МП.

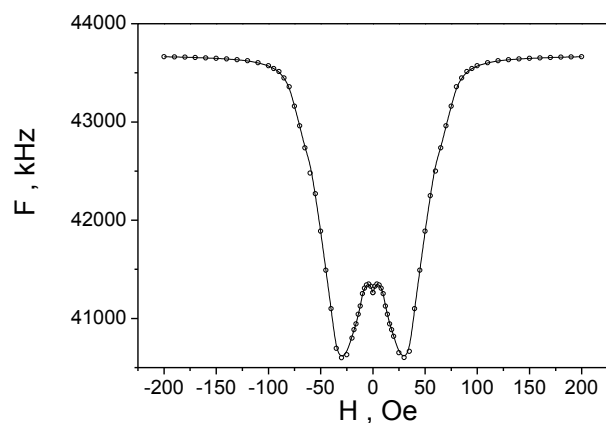


Рис. 1. Зависимость рабочей частоты сенсора от внешнего МП

Изменение рабочей частоты вызвано зависимостью от МП магнитной проницаемости пленки, которая используется в качестве сердечника катушки индуктивности ВЧ контура автогенератора. Для измерений использовалась конфигурация, при которой вектор внешнего МП имеет коллинеарное направление по отношению к ВЧ полю. Как было установлено, вид немонотонной зависимости $F(H)$ связан с изменением доменной структуры. В отсутствие внешнего МП распределение доменов характеризуется лабиринтной структурой со 120° симметрией, при которой доменные цепочки направлены вдоль трех проекций осей легкого намагничивания, см. рис 2а. По мере возрастания МП магнитная проницаемость пленки, в данном случае круглой формы, увеличивается и достигает максимума при величине внешнего поля примерно равном 30 Oe, когда заканчивается преобразование вида доменной структуры от лабиринтной к полосовой, см. рис.2б. Далее, с ростом МП от 30 до 100 Oe, происходит трансформация вида доменной структуры от полосовой к монодоменной.

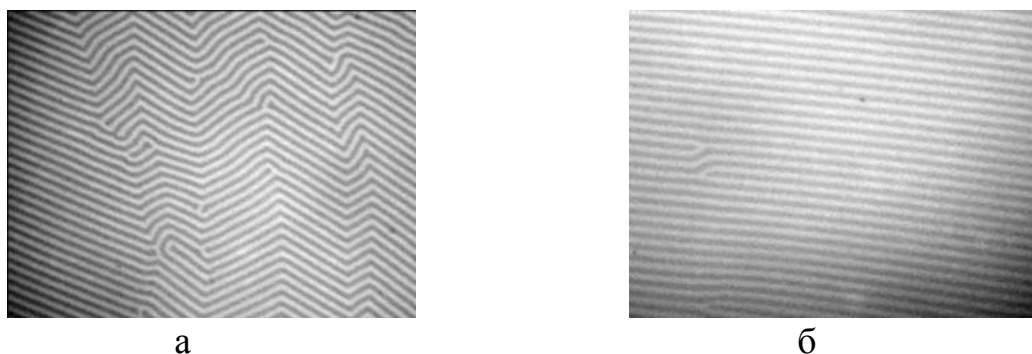


Рис. 2. Вид лабиринтной (а) и преимущественно полосовой (б) структуры эпитаксиальной пленки $Y_5Fe_3O_{12}$

Для реализации сенсорных характеристик пленки к малым значениям МП необходимо использовать дополнительное постоянное поле подмагничивания, которое позволяет выбирать рабочую точку на кривой

$F(H)$. Исходя из вида кривой на рис. 1 таких участков два с отрицательным и положительным значением dF/dH . В результате в ограниченном диапазоне можно обеспечить практически линейную зависимость рабочей частоты сенсора от величины МП [2].

Вопрос оптимизации характеристик сенсоров МП имеет несколько аспектов. Сенсоры, построенные на описанном выше принципе, были использованы при создании 8-канального магнетометра, предназначенного для контроля малых изменений МП в выделенной области пространства. Проблему составляет обеспечение идентичных характеристик сенсоров. Как выяснилось, наиболее чувствительные сенсоры позволяют контролировать изменения МП на уровне 10^{-7} Т. В то же время, разброс значений этого параметра в серии датчиков может составлять два порядка величины. Для формирования идентичных характеристик сенсоров при заданных размерах и форме пленок необходимо учитывать анизотропные характеристики, которые задаются кристаллической симметрией монокристаллической подложки. В пленках круглой формы в виде диска максимальная величина коэффициента преобразования величины МП в частоту получается при такой ориентации, когда направление вектора подмагничивания совпадает с проекцией оси «трудного» намагничивания пленки [1,2]. В рамках настоящей работы авторами было исследовано влияние форм-фактора на сенсорные характеристики пленок.

В частности, было установлено, что в пленке прямоугольной формы, с отношением длины к ширине $L/d=6$, в отсутствие внешнего МП реализуется полосовая доменная структура. При этом зависимость $F(H)$ характеризуется минимальным значением частоты при $H=0$ и монотонным последовательным ее ростом при увеличении величины МП, см. рис. 3а. Ясно, что монотонный вид зависимости является более предпочтительным для применения в сенсорах МП.

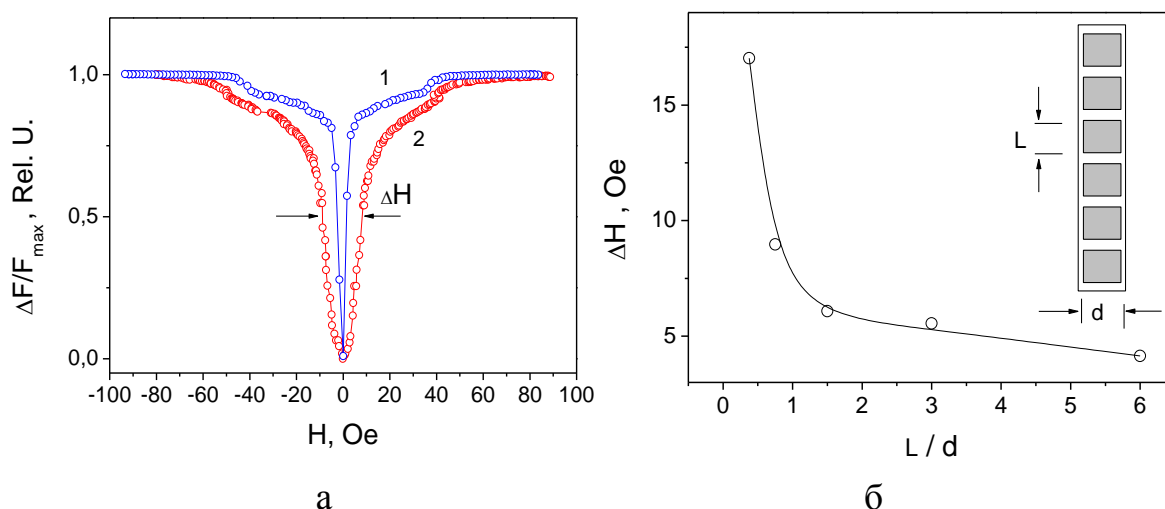


Рис. 3. Форма зависимости $F(H)$ при значении параметра $L/d=6$ (кривая 1) и $L/d=0.5$ (кривая 2) (а) и зависимость ширины кривой $F(H)$ от параметра L/d (б)

Для более детального выяснения роли форм-фактора в исследуемой пленке был сделан ряд пропилов, разделяющих пленку на части, как это показано в поле рис. 3б. Изменение параметра L/d отдельных участков пленки влияет на ширину области изменения $F(H)$, измеренную на уровне 0.5. Как видно, ширина области резко увеличивается при снижении величины параметра L/d до значений меньше 1.5. Таким образом установлено, что с помощью форм-фактора пленки можно управлять коэффициентом преобразования величины МП в рабочую частоту сенсора.

Список литературы

1. Николаенко Ю. М. Сенсор изменений малых величин и направлений постоянного магнитного поля / Ю. М. Николаенко, Н. И. Мезин, Н. Б. Эфрос, В. И. Каменев // ФТВД. – 2015. – Т. 24, № 3-4. – С. 73–81.
2. Николаенко Ю. М. Влияние поля подмагничивания на характеристики магнитного сенсора на основе пленок железоиттриевого граната / Ю. М. Николаенко, Н. И. Мезин, В. В. Кононенко, Н. Б. Эфрос // ФТВД. – 2017. – Т. 27, № 4. – С. 101–109.

УДК 539.216.2

КИНЕТИКА ФОРМИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНЫХ НАНОСТРУКТУР С ТВЕРДОТЕЛЬНЫМИ ЛУЧАМИ

Омороков Д.Б., канд. физ.-мат. наук,

Евсикова Н.Ю., канд. физ.-мат. наук, доц.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ
saref@list.ru

В последнее время наблюдается значительный интерес к разработке новых материалов на основе наночастиц (или нанокластеров) благородных металлов, прежде всего золота, что связано с уникальными свойствами наночастиц и перспективой создания на их основе новых материалов для оптоэлектроники, медицины, разработки новых высокоселективных химических и биологических сенсоров [1].

Цель работы – выявление закономерностей кинетики формирования дискретных наноструктур при вакуумной конденсации металлов на кристаллической поверхности.

Объектом изучения являлась островковая пленка золота, полученная на кристаллической подложке NaCl. На микрофотографии одного из образцов (рис.) показано, что образующиеся золотые нанокластеры имеют твердотельные лучи и по форме похожи на звезды.

Для получения образцов использовалась установка электронно-лучевого напыления EB-450. Процесс проходил поэтапно. Сначала осуществлялось электронно-лучевое испарение золота на подложку,

находящуюся при температуре окружающей среды (20 °С), а затем подложка охлаждалась жидким азотом, который поступал в одну из камер установки. В обеих камерах создавался вакуум ($\sim 1 \times 10^{-4}$ Па). Первый этап конденсации продолжался 20 секунд. Второй этап длился 40 секунд и сопровождался импульсной фотонной обработкой (ИФО) подложки с помощью ксеноновых ламп в вакууме на установке УОЛП-1 при мощности поступающего на подложку излучения $0,5 \text{ Вт/см}^2$. Промежутки между импульсами были постоянные и составляли 5 секунд.

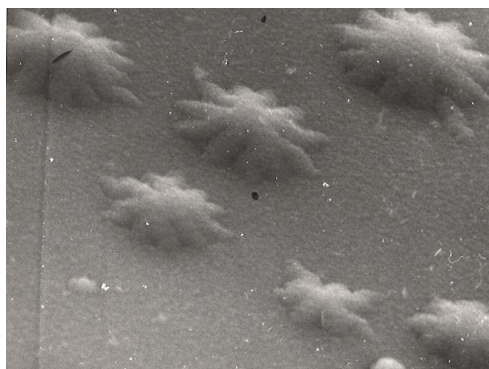


Рис. Микрофотография островковой пленки золота на поверхности кристалла NaCl

Особенности кинетики формирования наночастиц золота на подложке в описанном способе заключаются в следующем. На первом этапе для получения нанозвезд на подложке необходимо сформировать кластеры золота на центрах адсорбции, в качестве которых выступают дефекты приповерхностного слоя [2]. Энергии адсорбированных атомов (адатомов) будет достаточно для образования нужного количества золотых кластеров по механизму островкового роста Фольмера–Вебера, если провести конденсацию золота на подложку методом термического испарения в вакуумной камере при комнатной температуре подложки (10 – 40 °С). Далее необходимо сформировать твердотельные лучи нанозвезд. Это становится возможным в том случае, когда адатом, попадая на подложку, не имеет энергии для того, чтобы встроиться в кристаллическую решетку ближайшего к нему кластера золота, массив которых уже сформирован на подложке на первом этапе конденсации. Для этого подложку охлаждают жидким азотом с целью получения максимально низких температур. Облучение подложки увеличивает подвижность адатомов, поэтому одновременно с конденсацией на втором этапе проводят ИФО поверхности подложки. Каждый вновь попавший на подложку адатом, являясь свободным от взаимодействия с другими адатомами, уже образовавшими кристаллическую решетку, приобретает мощный импульс от фотонов, диффузионная подвижность адатома резко возрастает, и он совершает значительный диффузионный пробег, но также быстро отдает свою кинетическую энергию подложке, оставаясь в промежуточном положении. Такие адатомы не успевают встраиваться в

кристаллическую решетку кластера, образуя аморфную оболочку в виде твердотельных лучей.

Таким образом, в докладе описана кинетика формирования наночастиц золота при совмещении в одном технологическом процессе термического испарения золота в вакууме с последующей конденсацией сначала на «теплую», а затем на «холодную» поверхность подложки, и импульсной фотонной обработкой.

Список литературы

1. Получение и свойства нанозвезд золота и пленочных структур на их основе / Т. Г. Бейник, Н. А. Матвеевская, М. В. Добротворская [и др.] // Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии. – 2017. – Т. 15, № 3. – С. 417-429.
2. Точицкий Э. И. Кристаллизация и термообработка тонких пленок / Э. И. Точицкий. – Минск: Наука и техника, 1976. – 311 с.

УДК 539.2+535

ЗАВИСИМОСТЬ ШИРИНЫ ЗАПРЕЩЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ НЕИДЕАЛЬНОГО 1D ФОТОННОГО КРИСТАЛЛА ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ДЕФЕКТОВ СТРУКТУРЫ

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

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

Введение. В настоящее время существует общая теория [1] оптических волн в анизотропных кристаллах, в том числе сверхрешеток, составленных из макроскопических слоев, выполнены расчеты запрещенных фотонных зон идеальных структур. Логика дальнейшего развития этой теории требует рассмотрения более сложных систем – неидеальных многослойных фотонных систем, содержащих произвольное число инородных (примесных) слоев. При этом значительный интерес представляет исследование зависимости энергетического спектра неидеальных сверхрешеток от концентрации структурных дефектов, позволяющее расширить возможности моделирования свойств указанных систем, создавать слоистые материалы и тонкие пленки с заданными характеристиками.

Цель работы: используя приближение [2-4] виртуального кристалла (ПВК), исследовать особенности зависимости запрещенной энергетической зоны неидеальной 1D фотонной системы от концентрации структурных дефектов. Расчеты провести для 1D сверхрешеток в двух вариантах: в случае многослойника и для квазидвумерной системы страйпов.

Основная часть. Полученный [5] в рамках ПВК энергетический спектр неидеальной 1D сверхрешетки с произвольным числом слоев (во втором варианте – страйпов) в элементарной ячейке в данной работе конкретизирован для случая распространения электромагнитного поля вдоль нормали к слоям (страйпам) несовершенной двухподрешеточной немагнитной 1D кремний-жидкокристаллической (Si-ЖК) сверхрешетки. При этом полагаем, что Si-слои (страйпы) исследуемой сверхрешетки случайным образом заменяются на ЖК-слои (страйпы), а слои (страйпы) второй (ЖК) подрешетки варьируются по толщине.

Обозначим концентрацию и диэлектрическую проницаемость основного вещества (матрицы) в первой и второй подрешетках соответственно, как $C_1^{(1)}, \varepsilon_1^{(1)} \equiv \varepsilon_1$ и $C_2^{(1)}, \varepsilon_2^{(1)} \equiv \varepsilon_{\perp}$, а примеси – $C_1^{(2)} \equiv C_C, \varepsilon_1^{(2)} = \varepsilon_2^{(1)} \equiv \varepsilon_{\perp}$ и $C_2^{(2)} \equiv C_T, \varepsilon_2^{(2)} = \varepsilon_2^{(1)} \equiv \varepsilon_{\perp}$.

Для кремния $\varepsilon_1 = 11.7$, а в качестве нематического ЖК возьмем соединение 4-бутиим=4'-метоксиазоксибензол (БМАОБ) с $\varepsilon_{\perp} = 2.4$. Причем $C_1^{(1)} + C_C = 1, C_1^{(1)} = 1 - C_C, C_2^{(1)} + C_T = 1, C_2^{(1)} = 1 - C_T$.

Введем следующие обозначения: $a_1, a_2^{(1)}, a_2^{(2)}$ – соответственно ширина базового Si-слоя, а также базового и примесного ЖК-слоев.

Анализ полученных результатов численного моделирования (рис.) указывает на важность структурного фактора – различия толщин основного и примесного слоев ЖК подрешетки многослойника – чем больше эта разница, тем более немонотонными становятся поверхности (рис. б), вплоть до появления пиков максимума при соответствующих значениях C_T (для различных концентрации C_C примесных слоев в Si-подрешетке). Причем при большой разнице величин $a_2^{(1)} / a_1$ и $a_2^{(2)} / a_1$ в ЖК подрешетке ($a_1, a_2^{(1)}, a_2^{(2)}$ – соответственно ширина базового Si-слоя, а также базового и примесного ЖК-слоев) пик максимума тем острее, чем меньше C_C в Si-подрешетке.

В случае пленки также хорошо видно, что форма соответствующих поверхностей зависит от величины отношений $a_2^{(1)} / a_1$ и $a_2^{(2)} / a_1$ ($a_2^{(1)}, a_2^{(2)}$ – соответственно ширина базового и примесного ЖК-страйпов). В частности, характер зависимости величины $\Delta\omega(C_C, C_T)$ в том случае, если отношения $a_2^{(1)} / a_1$ и $a_2^{(2)} / a_1$ – величины одного порядка, несколько отличается от случая, когда величины $a_2^{(1)} / a_1$ и $a_2^{(2)} / a_1$ отличаются на порядок.

Заключение. Полученный в работе результат численного моделирования зависимости зонной структуры неидеальных 1D фотонных систем от концентрации структурных дефектов открывает возможность формировать композитные материалы с соответствующими оптическими характеристиками путем контролируемого внедрения дефектов структуры.

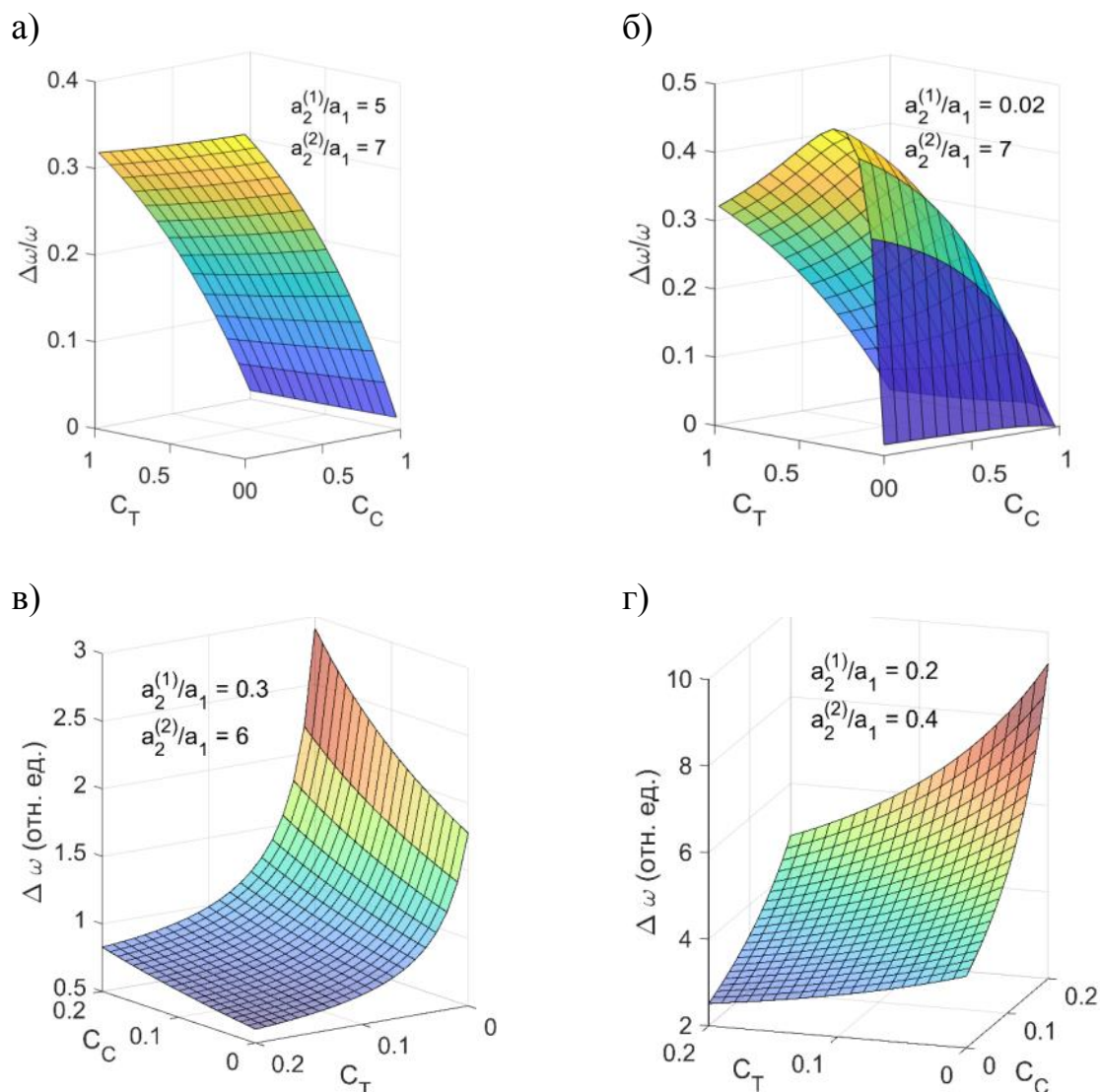


Рис. Зависимость ширины нижней запрещенной энергетической зоны исследуемых неидеальных 1D сверхрешеток от концентраций C_C, C_T примесных слоев (страйпов) для соответствующих значений их относительной толщины $a_2^{(1)}/a_1$ и $a_2^{(2)}/a_1$, причем графики а) и б) отражают зависимость $\frac{\Delta\omega_1}{\omega}(C_C, C_T)$ в случае многослойника, а в) и г) соответствуют функции $\Delta\omega(C_C, C_T)$ для квазидвумерной пленки страйпов

Интерес к изучению этих объектов обусловлен, с одной стороны, потребностью твердотельной электроники в различных слоистых структурах и нанопленках с заданными свойствами, а с другой – достижениями технологий, позволяющими выращивать методом эпитаксии из молекулярных пучков тонкие пленки.

Список литературы

1. Ярив А. Оптические волны в кристаллах / А. Ярив, П. Юх. – М.: Мир, 1987. – 616 с.

2. Parmenter R. H. Energy Levels of a Disordered Alloy / R. H. Parmenter // Phys. Rev. – 1955. – V. 97. – N3. – P. 587-698.
3. Займан Дж. Модели беспорядка / Дж. Займан. – М.: Мир, 1982. – 592 с.
4. Лось В. Ф. Метод проекционного оператора в теории неупорядоченных систем / В. Ф. Лось // ТМФ. – 1987. – Т. 73. – N1. – С. 85-102.
5. Распространение света в несовершенном 1D фотонном кристалле / Ю. А. Паладян, В. В. Румянцев и др. // ФТВД. – 2022. – Т. 32. – №2. – С. 97-107.

УДК 538.9

ТЕМПЕРАТУРА ДЕБАЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО AR С УЧЕТОМ ТРЕХЧАСТИЧНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ДЕФОРМАЦИИ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБОЛОЧЕК АТОМОВ В ШИРОКОМ ИНТЕРВАЛЕ ДАВЛЕНИЯ

*Пилипенко Е.А.*¹, канд. физ.-мат. наук, с.н.с.,

*Горбенко Е.Е.*², канд. физ.-мат. наук, доц.

¹ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, РФ

²ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный педагогический университет»,

г. Луганск, РФ

pilipenko.katerina@mail.ru

Несмотря на простоту и, казалось бы, надежность представлений межатомного потенциала, кристаллы инертных газов (КИГ) неизменно привлекают пристальное внимание теоретиков. Во-первых, это связано с появлением новых технологий, позволяющих в лабораторных условиях добиваться высоких давлений [1], что привело к интенсивному исследованию разнообразных свойств сжатых КИГ в экстремальных условиях. Во-вторых – с трудностью предсказания их структуры, ГЦК- и ГПУ-конструкции практически изоэнергетичны [2], поскольку «тонкие» эффекты, такие как многочастичное взаимодействие и деформация электронных оболочек, влияют на их стабильность.

Адиабатический потенциал, необходимый для построения динамики кристаллических решеток, может быть рассчитан из первых принципов, либо аппроксимирован известной функцией расстояния, т.е. использован метод межатомных модельных (эмпирических) потенциалов. По мере поступления новой информации о фононных спектрах и динамических свойствах кристаллов теория уточняется: 1) за счет включения взаимодействия более далеких соседей, 2) введением трехчастичного дальнего- и короткодействия, а также 3) учитывая деформацию атомов дипольную и квадрупольную или подразделяя атомы на остовы и оболочки.

На основе неэмпирической версии квантово-механической модели деформируемых и поляризуемых атомов (модель Толпыго см. [3] и ссылки там) в работе [4] построена динамическая матрица с учетом

трехчастичного взаимодействия и деформации электронных оболочек дипольного типа в парном и трехчастичном приближениях. Это позволило рассчитать для кристаллов Ar, Kr и Xe фононные частоты в нужных точках зоны Бриллюэна и, используя метод Чади-Козна, энергию нулевых колебаний в широком интервале давлений.

В представленной работе рассчитывается температура Дебая кристаллического Ar в широком интервале давления и температур и исследуется влияние на нее трехчастичного взаимодействия и деформации электронных оболочек атомов дипольного типа в парном и трехчастичном приближении.

Решеточная теплоёмкость C_V в гармоническом приближении описывается известной формулой:

$$C_V = \frac{R\Omega}{(2\pi)^3} \sum_{\lambda} \int d^3k \left[\left(\frac{\hbar\omega_{\lambda}(\mathbf{k})}{k_B T} \right)^2 n_{\lambda}(\mathbf{k})(n_{\lambda}(\mathbf{k}) + 1) \right], \quad n_{\lambda}(\mathbf{k}) = \left[\exp\left(\frac{\hbar\omega_{\lambda}(\mathbf{k})}{k_B T} \right) - 1 \right]^{-1}, \quad (1)$$

где R – универсальная газовая постоянная, $\Omega = 2a^3$ – объем элементарной ячейки КИГ в ГЦК-фазе, a – параметр решетки, равный половине ребра куба, \mathbf{k} – безразмерный волновой вектор, k_B – постоянная Больцмана.

При низких температурах $T \ll \theta_D$ (θ_D – температура Дебая при $T=0$) удельная теплоемкость C_V мала и пропорциональна T^3 . Поэтому для сравнений теории с экспериментом удобно рассчитывать величину

$$\theta(T) = \left(\frac{12\pi^4}{5} \right)^{1/3} T \left(\frac{R}{C_V} \right)^{1/3}. \quad (2)$$

Нетрудно заметить, что при $T=0$ $\theta(0) = \theta_D$.

Температурная зависимость температуры Дебая $\theta(T)$ в кристаллическом Ar при различных сжатиях $u = \Delta V / V_0$ ($\Delta V = V_0 - V(p)$, где V_0 – объем при $p=0$), которая рассчитывалась по формуле (2), представлена на рис. Сопоставление расчетных значений $\theta(T)$ при нулевом давлении с расчетом по экспериментальным данным [5] показывает правильность общего хода этой величины в температурном интервале от 0 до

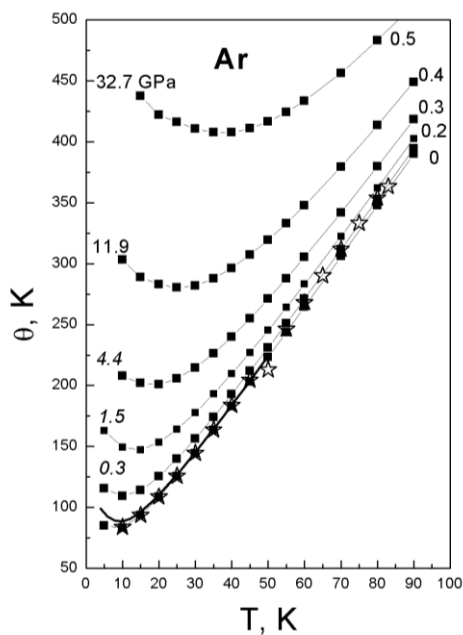


Рис. Температурная зависимость $\theta(T)$ кристаллического Ar при разных сжатиях (давлениях). — наш расчет в модели МТ₂; — эксперимент [5]. — расчеты в модели М1 [6]

83К. Это свидетельствует о том, что теория правильно передает значения $\omega_{\text{лк}}$ на начальном участке кривых, в первую очередь для поперечных (низких) частот.

Более того, количественный анализ показал, что рассчитанная нами величина $\theta(T)$ для кристаллического Ag с учетом трехчастичного взаимодействия и деформации электронных оболочек атома в парном и трехчастичном приближениях очень хорошо согласуется с экспериментальными данными, средняя погрешность составляет меньше 1 %.

Для нас крайне важно сравнить результаты расчетов на всех этапах в классической модели Толпыго (модель M1) [6] и неэмпирической модели MT₂. Близость результатов расчетов в модели MT₂ энергии нулевых колебаний [4], и температуры Дебая свидетельствует, что вклад трехчастичных сил обязанных как перекрытию, так и деформации электронных оболочек атома важен для кристаллического Ag. Кроме этого, можно сделать вывод, что вклад неучтенных нами квантовых эффектов и др. при $p=0$ в неэмпирической версии, незначителен (см. рис.).

Таким образом, полученные нами результаты расчета температуры Дебая для ГЦК- Ag с учетом трехчастичных сил и деформации электронных оболочек атомов дипольного типа в парном и трехчастичном приближении хорошо согласуются с экспериментом и близки к результатам расчета в классической модели Толпыго.

Список литературы

1. Hemley R. J. The revealing role of pressure in the condensed matter sciences/ R. J. Hemley and H. K. Ashcroft// *Physics Today*. – 1998. – Vol. 51. – P.26-32.
2. Schwerdtfeger P. Towards J/mol accuracy for the cohesive energy of solid argon / P. Schwerdtfeger, R. Tonner, G. E. Moyano, E. Pahl // *Angew. Chem. Int. Ed.* – 2016. – Vol. 55. – P. 12200–12205.
3. Троицкая Е. П. Многочастичное взаимодействие и деформация электронных оболочек атомов в динамике решетки сжатых атомарных криокристаллов / Е. П. Троицкая, Е. Е. Горбенко, Е. А. Пилипенко // *Физика низких температур* – 2016. – Т. 42. – № 5 – С. 526-537.
4. Троицкая Е. П. Влияние трехчастичного взаимодействия и деформации электронных оболочек атомов на энергию нулевых колебаний сжатых кристаллов Ag, Kг и Хе / Е. П. Троицкая, Е. А. Пилипенко, Е. Е. Горбенко // *Физика и техника высоких давлений*. – 2020. – Т. 30. – С. 39-55.
5. Crawford R. K. Thermodynamics of solid argon at high temperatures / R. K. Crawford W. F. Lewis, W. B. Daniels// *J. Phys. C: Solid State Phys.* – 1976 – Vol. 9 – P. 1381- 1404.
6. Зароченцев Е. В. Теплоемкость и тепловые колебания решетки кристаллов элементов нулевой группы / Е. В. Зароченцев, К. Б. Толпыго, Е. П. Троицкая // *Физика Низких Температур*.– 1979. – Т.5. – № 11. – С. 1325-1332.

ЗАКОНЫ ОБЪЕМНОЙ УПРУГОСТИ В ДЕФОРМАЦИОННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ФОРМИРОВАНИЯ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Поляков П.И., д-р физ.-мат. наук, проф.
ГБУ «Институт физики горных процессов», г. Донецк, РФ
ifgpdnr@mail.ru

Введение. В настоящее время, когда происходит дробление науки на области и подобласти, к которым относится круг идей, связанных с фазовыми переходами, и что принимать за основу в физике конденсированных состояний. Следует отметить, что практически все исследования во всех школах проводились в двух параметрах Т-Н, Т-Р, не было ясно, что главное в этих измерениях. Те модели или теории не учитывали реальный физпроцесс, ответственный за все, что делается в структуре как, пример, обращаем внимание на работы П.Л. Капицы [1]: использование высоких магнитных полей в импульсе до $500 \text{ кэР} \approx 10\text{-}5 \text{ атм}$ и низких температур, исследовались чистые однокомпонентные материалы. Эта наработка позволила высказать идею деформирующего влияния Н. Параллельно в это же время проводил исследования П. Бриджмен [2]. Но исследования в трех параметрах нигде не проводились, именно это послужило поводом провести такие исследования в трех параметрах резонансными методами.

Основная часть. Использование высокочувствительных методов исследования, в которых не учитывались обобщающиеся закономерности физических процессов изменений состояний структур под влиянием в широком диапазоне температур, магнитных полей и гидростатических давлений [3].

Объектом исследований в широком спектре магнитных полей Н и фиксированных температур было нарушения структуры магнитных полей за счет магнитоупругих напряжений, диамагнитные структуры проявляли стрикционные свойства. Следует отметить линейный закон в высоких полях при фиксированных температурах [1].

Исследование под высоким давлением – это определенный метод воздействия на состояние атомов в структуре через энергию объемной упругости, фиксирующей физический процесс экспериментальными методами. В статье [4] приводятся результаты из [5] и [6], где проводились исследования поликристалла и пленки манганита $\text{La}_{0,9}\text{Mn}_{0,3}\text{O}_3$. Механизм распределения термоупругих напряжений имеет место в физических процессах обменного перехода электронов внутренних незаполненных оболочек атомов в ячейках структуры при участии полусвободных валентных электронов.

Возникает вопрос – можно ли анализировать физический процесс влияния параметров, взяв за основу, состояние структуры от температур, магнитных полей и давлений? От температур, минимального объема, максимальной плотности, энергии связи напряжение состояния ослабляется термоупругим расширением. Процесс теплоотвода – это ослабление связи валентных полусвободных электронов при котором уменьшается проводимость, а увеличивается объем и сопротивление. От давлений при фиксированной температуре происходит уменьшение объема, увеличение напряжений энергии связи, повышение плотности. Скачки объема – это фазовые переходы, структурные изменения. От магнитного поля происходит состояние магнитонескомпенсированности из-за температуры магнитоупругих напряжений в структуре, что фиксируется магнитострикцией. Через деформацию структуры изменяется спиновая нескомпенсированность. Вносимые напряжения – это дополнительный источник изменений объема плотности, формы структуры, «охлаждающий эффект».

Анализ экспериментальных данных, показывает, что воздействие 3-х параметров приводит к линейным изменениям резистивных, резонансных, магнитных свойств и динамики изменения зависимостей фазовых переходов. Такие явления, приводят к изменениям не только в сверхпроводниках, а в любой структуре в целом. Следует учитывать, что влияние параметров приводит к изменению объема и, как следствие, причинная роль объемной упругости является определяющей в перекрестных эффектах (термо-, магнито-, бароупругости). Деформационное обратимое изменение состояния твердого тела под воздействием внешних параметров вытекает из основных положений термодинамики и является предпосылкой гипотезы причинной роли объемной упругости в формировании изменений как свойств, так и фазовых состояний. Структурно-фазовый переход – это есть изменение объема, скачок свойств. В резонирующую систему помещен образец, поглощение влияет на состояние и добротность системы, что проявляется в исследуемом сигнале, т.е. привязано к физпроцессу. По результатам исследований установлено различие по сжимаемости орторомбической структуры, что и проявляется в виде фазового перехода – фаза критическая при температуре 6-9,2 К, что соответствует проявлению фазового перехода. Влияние высоких давлений широко проявляется в состоянии структуры, ширине линий, интенсивности, т.е. система значительно видоизменяется, если присутствует 3 параметра.

Обобщая результаты, необходимо выделить закономерности линейности упругости. Используя манганаты, продлевая исследуемые зависимости, включая высокие температуры, наблюдается изменение стрикции, что проявляется в гистерезисе магнитного фактора, наблюдается динамика изменения. Наиболее наглядно этот результат линейности при

высоких температурах рентгеновским методом в пределах 300-1500°, это касалось и монокристалла и поликристалла. Линейность проявляется в $\text{CuCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ под T , H , T на фазовом переходе L-рода. Фиксируемая полоса пересечения соответствует как антиферромагнетизму, так и сверхпроводимости. Анализ экспериментального результата позволил несколько изменить взгляд на физику процессов фазовых переходов, используемые методы исследований, позволяющие оценить реальный процесс изменения физических свойств твердых тел и показать значительную роль эксперимента.

Заключение. Результаты проведенного эксперимента свидетельствуют об одной и той же упругой анизотропно-деформирующей природе воздействия как температуры, так и магнитного поля и гидростатического давления на манганиты лантана. С этой позиции предлагается трактовка смещения температуры фазового перехода при вариации магнитным полем, гидростатическим давлением и степени допирования исходной матрицы манганитов лантана; показана природа магниторезистивного эффекта, объясняется совпадение температуры максимумов магниторезистивного, барорезистивного и баромагниторезистивного эффектов. Кроме того, были получены оценки внутренних напряжений в структуре при фазовом переходе и, наконец, на основе предложенной концепции были выявлены закономерности поведения свойств и фазовых переходах манганитов лантана при вариации химического состава образцов, температуры, магнитного поля и гидростатического давления. Результаты проведенных экспериментов показывают необходимость и важность учета закономерностей упругих анизотропно деформирующих напряжений, формирующих и изменяющих свойства и фазовые состояния. Это позволяет прогнозировать участие тех же механизмов в реализации давно изучаемых эффектов колоссального магнитосопротивления (КМС).

Список литературы

1. Капица П. Л. Физика и техника низких температур / П. Л. Капица. – М.: Наука, 1989. – 388 с.
2. Бриджмен П. Физика высоких давлений / П. Бриджмен. – М.: ОНТИ, 1935. – 402 с.
3. Polyakov P. I. Laws of volume elasticity in formation of phase transitions. Conductivity and magnetism / P. I. Polyakov. – Lambert Academic Publishing, 2018. – 204 p.
4. Поляков П. И. / П. И. Поляков, В. Г. Сынков / Приборы и техника эксперимента. – 1977. – Т. 1. – С. 223.
5. Поляков П. И. Закономерности влияния температуры, магнитного поля и давления на резистивные свойства $\text{La}_{0,9}\text{Mn}_{0,3}\text{O}_3$ / П. И. Поляков, С. С. Кучеренко // ФТВД. – 2002. – Т. 12, № 1. – С. 92-97.
6. Пашенко В. П. Нестехиометрия, дефектность структуры и свойства манганит-лантановых магниторезистивных материалов $\text{La}_{0,9}\text{Mn}_{1,1}\text{O}_{3\pm\delta}$ / В. П. Пашенко, С. И. Харцев, О. П. Черенков, А. А. Шемяков, З. А. Самойленко, А. Д. Лонко, В. И. Каменев / Неорганические материалы. – 1999. – Т. 35, №12. – С. 1509-1516.

ВЛИЯНИЕ МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ИОННЫХ ДИЭЛЕКТРИКАХ НА ИХ ДОЛГОВРЕМЕННУЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ

Щелко Н.С., д-р техн. наук, доц.

ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза

С.М. Буденного», г. Санкт -Петербург, РФ

nikolsp@mail.ru

Надежность современных электронных приборов и устройств сильно зависит от качества диэлектриков, входящих в их состав и обязанных выдерживать значительные электрические и механические нагрузки. Учитывая, что в процессе работы данные материалы нагреваются и испытывают не только термомеханические напряжения, но и влияние сильного электрического поля (ЭП), разработка моделей для описания процессов накопления заряда в них в этих условиях эксплуатации представляет несомненный интерес. Рассматриваемые процессы влияют на такие важные характеристики диэлектриков как их электропроводность и связанные с ней токи, диэлектрические потери, возможность пробоя и др.

В процессе эксплуатации диэлектриков со слабо закрепленными ионами при длительном воздействии ЭП наблюдается миграционная (в частности, приэлектродная) поляризация [1-5]. В поверхности диэлектрика (главным образом, у анода) накапливается электрический заряд, существенно влияющий на картину ЭП в диэлектрике.

На использовании больших электростатических сил, возникающих в прианодной области диэлектрика вследствие его миграционной поляризации основано получение электроадгезионных соединений (ЭАС) – «склеек» диэлектрических материалов с проводящими и полупроводящими [3-5]. Прочность ЭАС ионный диэлектрик – металл оказывается на уровне прочности аналогичных соединений, полученных диффузионной сваркой. Другим аспектом влияния миграционной поляризации является перераспределение напряженности ЭП по толщине диэлектрика так, что с течением времени эта напряженность в прианодной области возрастает и может многократно превысить исходную напряженность. Если диэлектрик используется исключительно как изоляционный, то, очевидно, это явление нежелательное, т.к. с течением времени может привести к пробое [1,2,5]. Указанные обстоятельства обуславливают актуальность настоящего исследования.

Целью работы является теоретическое обоснование допустимого времени эксплуатации ионных диэлектриков при заданной температуре без существенного изменения распределения напряженности ЭП в нем под действием миграционных процессов, а также оценка времени релаксации

поляризационных токов при различных условиях эксплуатации диэлектрика.

Миграционная поляризация заключается в том, что под действием ЭП свободные заряды в диэлектрике перемещаются к соответствующему электроду. В случае ионного диэлектрика свободными носителями заряда являются обычно положительные ионы, поэтому при включении напряжения они начнут перемещаться (мигрировать) к катоду. При этом в месте, занимаемом положительным ионом до подачи напряжения, у поверхности, граничащей с анодом, накапливается нескомпенсированный заряд вакансий. В результате напряженность ЭП в прианодной области диэлектрика с течением времени может увеличиться на порядки величины по сравнению с исходным значением.

В настоящей работе разработана математическая модель этого процесса на примере ионного диэлектрика типа стекла. Результаты расчета процесса изменения напряженности ЭП в прианодной поверхностной области диэлектрика в зависимости от приложенного напряжения и времени, показаны на рис. 1.

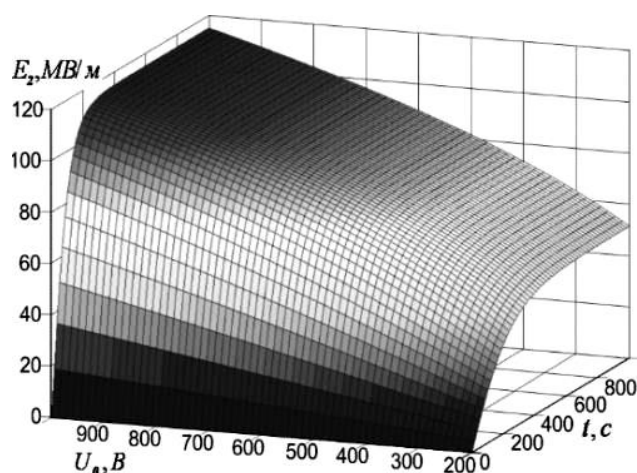


Рис. 1. Расчетная зависимость напряженности ЭП от времени и приложенного напряжения в щелочном стекле на границе с анодом. Толщина стекла $d_2=2$ мм; температура $T=573$ К

Как видно из расчетов, с течением времени напряженность ЭП возрастает и может достигать больших значений, приводящих к пробое диэлектрика. Следует отметить, что количественные расчеты в рамках разработанной модели дают интересный практический результат: при комнатной температуре ионный диэлектрик типа стекла, практически не меняет своих свойств, т.к. расчетное значение постоянной времени переходного процесса перераспределения ЭП по толщине диэлектрика исчисляется миллионами лет. Однако, при сравнительно невысокой температуре (около 130°C) постоянная времени уже составляет всего несколько лет. На практике это означает, что в таком диэлектрике,

используемом в качестве изоляционного и постоянно находящегося под напряжением, может через несколько лет произойти пробой из-за рассмотренных миграционных процессов, приводящих к усилению напряженности ЭП в поверхностных слоях диэлектрика у анода.

Правильность приведенных расчетов подтверждают данные по получению ЭАС [4]: при повышенных температурах (по сравнению с комнатной): переходный процесс, фиксируемый по спаду тока при получении ЭАС со стеклом, наблюдается, как правило, в течение нескольких десятков минут. Это значение времени хорошо соответствует представленным выше данным.

Полученные в работе выражения и их количественный анализ позволяют обоснованно выбирать диэлектрические материалы и условия их надежной эксплуатации при длительном нахождении под электрическим напряжением и оценивать время релаксации поляризационных токов. Особенно актуально это, как следует из проделанных расчетов, при повышенной температуре. Теоретические основы для расчета токов, связанных с миграционной поляризацией, разработанные в настоящей работе, позволяют, в частности, количественно обосновать методику неразрушающего контроля прочности ЭАС на основе анализа экспериментальных зависимостей тока от времени в процессе получения ЭАС.

Список литературы

1. Нагорный В. С. Анализ динамики процесса формирования электроадгезионного контакта / В. С. Нагорный, Н. С. Пщелко, Н. П. Сидорова // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. «Информатика, телекоммуникации, управление». 2009. – №6. – С. 166-170.
2. Пщелко Н. С. Электрофизические и физико-химические микро-и нанотехнологии усиления адгезии компонентов в системе металл-диэлектрик / Н. С. Пщелко, А. Г. Сырков, Т. Г. Вахренёва, И. В. Пантюшин, Д. А. Сырков // Российские нанотехнологии. –2009. Т. 4. – № 11-12. – С. 42-47.
3. Пщелко Н. С. Влияние накопления заряда в поверхностных слоях ионных диэлектриков на их токи поляризации при повышенных температурах / Н. С. Пщелко, О. С. Царёва // Вестник Псковского государственного университета. Серия «Естественные и физико-математические науки». Выпуск 17. – Псков: Псковский государственный университет, 2021. – 152 стр., С.121-130
4. Pshchelko N. S., Levine K. L. Degradation of Ionic Dielectrics Under the Influence of Migratory Polarization – Nanotechnology Science and Technology. New Materials. Preparation, Properties and Applications in the Aspect of Nanotechnology. 2020. Chapter 5. by Nova Science Publishers, Inc. P. 39-52.
5. Pshchelko N. S. Polarization of Surface Layers of Ionic Dielectrics at the Interface Between the Electroadhesive Contact and a Dielectric / N. S. Pshchelko, V. V. Tomaev // Glass Physics and Chemistry. – 2016. Vol. 42. – № 1. – P.105 -109.

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ И СИЛ В МЕЖЭЛЕКТРОДНЫХ ЗАЗОРАХ МИКРО- И НАНОМЕТРОВЫХ РАЗМЕРОВ

Пщелко Н.С., д-р техн. наук, доц.
ФГКВООУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза
С.М. Буденного», г. Санкт-Петербург, РФ
nikolsp@mail.ru

Особенностью электростатических сил является то, что они становятся очень значительными только при малых расстояниях между электродами. Толщина двойного электрического слоя (ДЭС) на границе двух материалов обычно бывает наноразмерной. Увеличение напряженности электрического поля (ЭП) в ДЭС за счет использования внешнего источника напряжения приводит к появлению дополнительных зарядов на его границах. За счет такого искусственного увеличения напряженности ЭП возможно появление больших электростатических сил, благодаря которым при благоприятных условиях (повышенная температура, отсутствие значительной шероховатости поверхностей и др.) возможно образование «склеек» контактирующих материалов – электроадгезионных соединений (ЭАС) [1-4]. При малых расстояниях между материалами, играющими роль плоских электродов, расстояние между этими дополнительными зарядами, распределенными на них, может быть не только сопоставимым, но и намного больше толщины ДЭС. При этом понятие «равномерно заряженная плоскость» теряет смысл, поскольку заряды на плоскости будут распределяться дискретно [1,5]. Понятно, что на больших расстояниях от такой заряженной плоскости поля отдельных (дискретных) зарядов усредняются и плоскость можно считать равномерно заряженной. Однако в данной работе рассматривается именно случай малых межэлектродных зазоров.

В работе рассчитано расстояние между заряженными плоскостями, при котором классическая формула для расчета ЭП, создаваемого ими, не будет адекватно отражать реальную физическую ситуацию. В качестве примера рассмотрим равномерно заряженную плоскость с поверхностной плотностью заряда $\sigma=10^{-4}$ Кл/м². Как известно, напряженность ЭП, создаваемого ей в вакууме (диэлектрическая проницаемость $\varepsilon = 1$), равна

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0\varepsilon}, \quad (1)$$

где ε_0 – электрическая постоянная.

Расчеты по (1) дают значение $E=5,65 \cdot 10^6$ В/м. Именно такие и большие по порядку величины напряженности ЭП используются для получения ЭАС. Таким образом, количество элементарных зарядов e

$=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл на 1 м^2 площади, соответствующих данному значению напряженности ЭП, равно

$$N = \frac{\sigma}{e}. \quad (2)$$

Расчеты по (2) дают значение $N=6,25 \cdot 10^{14} \text{ м}^{-2}$. Следовательно, среднее расстояние между отдельными электронами равно

$$a = \frac{1}{\sqrt{N}}. \quad (3)$$

Расчеты по (3) дают значение $a=4 \cdot 10^{-8} \text{ м}$.

Таким образом, при расстоянии между плоскостями ДЭС, соответствующем порядку десятых долей микрона (т.е. имеющим микро- и наноразмеры), формула (1) может дать неверное значение.

В настоящей работе разработана математическая модель, позволяющая рассчитывать ЭП и оценивать возникающие электростатические силы притяжения при использовании межэлектродных промежутков малых размеров. Получено, в частности, что при малых межэлектродных промежутках действующие значения ЭП могут существенно превышать значения, рассчитанные по (1)

Таким образом, показано, что при малых расстояниях между заряженными плоскостями следует учитывать дискретность распределения электрического заряда. Результаты, полученные в работе могут оказаться полезными, в частности, при разработке MEMS – систем с электростатическим управлением, при расчете режимов получения ЭАС и для других применений.

Список литературы

1. Пщелко Н. С. Электрофизические методы неразрушающего контроля и формирования металлодиэлектрических структур. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербургский государственный горный университет. Санкт-Петербург, 2011.
2. Пщелко Н. С. Влияние накопления заряда в поверхностных слоях ионных диэлектриков на их токи поляризации при повышенных температурах / Н. С. Пщелко, О. С. Царёва // Вестник Псковского государственного университета. Серия «Естественные и физико-математические науки». Выпуск 17. – Псков: Псковский государственный университет, 2021. – 152 стр., С. 121-130.
3. Pshchelko N. S. Polarization of Surface Layers of Ionic Dielectrics at the Interface Between the Electrode Contact and a Dielectric / N. S. Pshchelko, V. V. Tomaev // Glass Physics and Chemistry. –2016. –Vol. 42. – № 1. –P. 105 -109.
4. Pshchelko N. S. Modeling of physical and chemical processes of anodic bonding technology / N. S. Pshchelko, M. P. Sevryugina // Advanced Materials Research. – 2014. – V. 1040. – P. 513-518.
5. Pshchelko N., Vodkailo E. Features of Electrostatic Fields and Their Force Action When Using Micro- and Nanosized Inter-Electrode Gaps / Materials 2020, 13(24), 5669; <https://doi.org/10.3390/ma13245669>

ПЛОТНОСТЬ СОСТОЯНИЙ ПОЛЯРИТОННЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ В НЕИДЕАЛЬНОЙ 1D РЕШЕТКЕ МИКРОПОР, СОДЕРЖАЩИХ КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ

Рыбалка А.Е., Гуменник К.В., канд. физ.-мат. наук,
Федоров С.А., канд. физ.-мат. наук,
Румянцев В.В., д-р физ.-мат. наук, проф.

ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, РФ
rybalka96@inbox.ru

Введение. При создании новых нанокompозитных материалов, как источников когерентного излучения, и устройств, работающих на их основе, особую актуальность приобретает изучение нанокристаллических поляритонных систем. Последние представляют собой отдельный класс фотонных кристаллов [1], в которых реализуется сильная связь квантовых возмущений (экситонов) среды и оптического поля. Необходимость исследования поляритонных структур порождает новую область науки – поляритонику, среди предметов исследований которой важное место занимает изучение плотности неэквивалентных энергетических состояний системы. Знание плотности состояний существенно при определении многих характеристик структуры, например, термодинамических и кинетических. В связи с этим, представляет интерес информация о плотности состояний квазичастичных возбуждений, в частности, в рассматриваемом в данной работе пористом материале.

Цель работы – в рамках приближения виртуального кристалла (ПВК) [2-4] изучить особенности влияния структурных дефектов на плотность состояний поляритонных возбуждений в неидеальной одномерной (1D) решетке пор – туннельно связанных микрорезонаторов, содержащих атомарные нанокластеры – квантовые точки (КТ).

Основная часть. Общая модель квазичастичных возбуждений в неидеальной решетке микропор-резонаторов (фотонной подсистеме), содержащих КТ (атомарная подсистема), развита авторами ранее в работах (см., например, [5]). В соответствии с этой моделью в дальнейшем предполагаем, что плотность возбужденных состояний структурных элементов в фотонной и атомарной подсистемах решетки мала, В этом случае можно ограничиться квадратичной частью \hat{H}^{ex} (описывающей элементарные возбуждения) гамильтониана \hat{H} , которая получена в одноуровневой модели в приближении Гайтлера-Лондона [6].

Опираясь на общую теорию [5], рассмотрим поляритонные возбуждения в неидеальной двухподрешеточной 1D решетке микрорезонаторов, содержащих КТ одного сорта в одной из подрешеток. В данном случае C_1 и C_2 – концентрация дефектов структуры, которые связаны с вариацией положений микропор.

Расчет собственных значений усредненного гамильтониана \hat{H}^{ex} такой системы в соответствии с [5] проведен путем его диагонализации с помощью применения преобразования Боголюбова-Тябликова в приближении ближайших соседей с использованием ПВК. Выполнение указанной процедуры, позволило получить выражение для дисперсионного соотношения $\Omega(\vec{k})$, определяющего спектр элементарных возбуждений.

На рис.1 представлены поверхности, описывающие дисперсионную зависимость частот $\Omega_{1,2,3}(k, C_1, C_2)$ исследуемых коллективных возбуждений (поляритонов) в исследуемой 1D решетке микрорезонаторов, содержащих КТ (нумерация поверхностей – снизу вверх). Волновое число k изменяется в пределах первой зоны Бриллюэна: $-\frac{\pi}{d(C_1, C_2)} < k < \frac{\pi}{d(C_1, C_2)}$ (затемненная область плоскости $(k, C_{1(2)})$ на рис.1), $d(C_1, C_2)$ – период данной 1D решетки после конфигурационного усреднения.

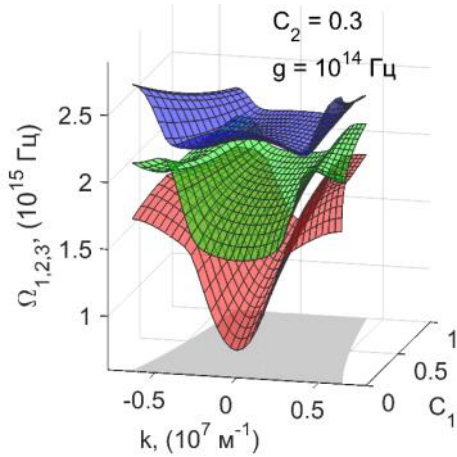


Рис. 1. Зависимость дисперсии поляритонов $\Omega_{1,2,3}(k, C_1, C_2)$ от концентрации дефектов структуры при значении параметра $g \equiv g_1/\hbar$ резонансного взаимодействия квантовой точки в узле с локализованным в этом узле электромагнитным полем

Особенности полученного спектра исследуемых квазичастиц проявились в их плотности состояний $\rho_{1,2,3}(\Omega, C_1, C_2)$:

$$\rho_{1,2,3}(\Omega, C_1, C_2) = \frac{d(C_1, C_2)}{2\pi} \sum_i \frac{1}{\left| \frac{d\Omega_{1,2,3}(k, C_1, C_2)}{dk} \right|_{k_i}} \quad (2)$$

Расчет (2) проведен для всех значений волнового вектора k_i , являющихся корнями уравнения $\Omega_{1,2,3}(k, C_1, C_2) = \Omega$ в пределах первой зоны Бриллюэна. Плотность состояний $\rho_1(\Omega, C_1, C_2)$ поляритонов соответственно дисперсионной поверхности $\Omega_1(k, C_1, C_2)$ для различных значений концентрации структурных дефектов C_1 и C_2 , а также величины V_0 (параметра резонансного взаимодействия КТ, расположенных в соседних микропорах) представлена на рис. 2аб. Хорошо видны особенности плотности состояний – сингулярности Ван Хофа, которые, в частности,

могут быть связаны с наличием локальных экстремумов, в том числе минимумов $\Omega_1(k, C_1, C_2)$, при которых групповая скорость возбуждений равна нулю. Поверхности $\rho_1(\Omega, C_1, C_2)$ отражают и другие особенности поведения функции $\Omega_1(k, C_1, C_2)$ в k -пространстве (см. рис. 1 и рис. 2).

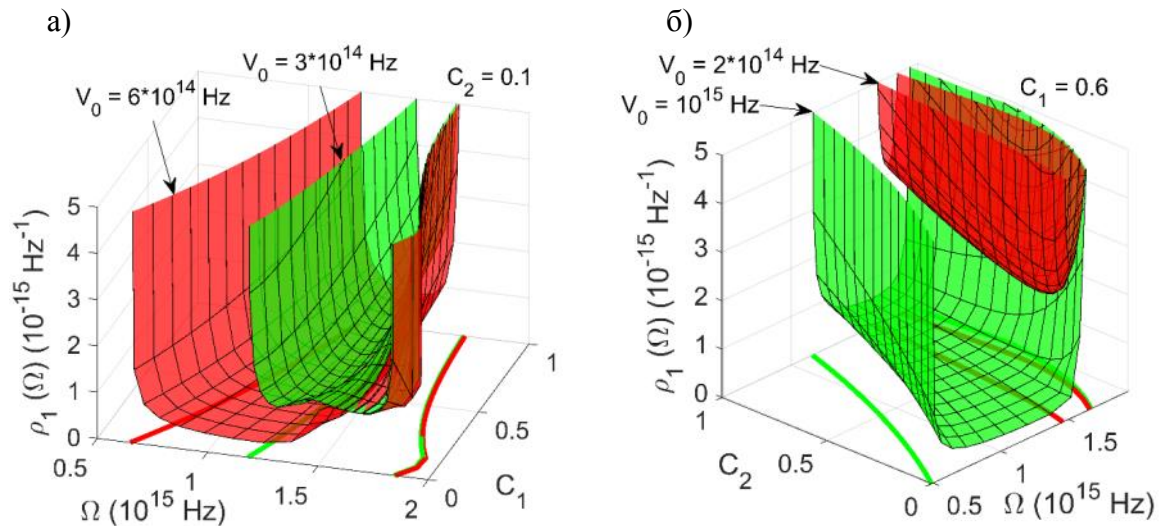


Рис. 2. Зависимость плотности состояний $\rho_1(\Omega, C_1, C_2)$ квазичастиц в исследуемом 1D массиве микропор от концентрации структурных дефектов

Заключение. Исследованы особенности плотности состояний поляритонов соответственно дисперсионной поверхности $\Omega_1(k, C_1, C_2)$ для различных значений концентрации структурных дефектов в 1D решетке микропор. Представленные результаты открывают возможность создания нового класса нанокompозитных пористых материалов – поляритонных систем, позволяющих контролировать распространение электромагнитных возбуждений в таких структурах.

Список литературы

1. Joannopoulos J. D. Photonic Crystals. Molding the Flow of Light / J. D. Joannopoulos, S. G. Johnson, J. N. Winn, R. D. Meade // Second Edition. Princeton: Princeton University Press, 2008. – 395 p.
2. Parmenter R. H. Energy Levels of a Disordered Alloy / R. H. Parmenter // Phys. Rev. – 1955. – V. 97. N 3. – P. 587-698.
3. Займан Дж. Модели беспорядка / Дж. Займан. – М.: Мир, 1982. – 592 с.
4. Лось В. Ф. Метод проекционного оператора в теории неупорядоченных систем / В. Ф. Лось // ТМФ. – 1987. – Т. 73, N1. – С. 85-102.
5. Romyantsev V. V. Electromagnetic excitations in a non-ideal two-sublattice microcavity chain / V. V. Romyantsev, S. A. Fedorov, K. V. Gumennyk, Yu. A. Paladyan // Physica B: Condensed Matter. – 2019. – V. 571, 15. – P. 296-300
6. Агранович В. М. Теория экситонов / В. М. Агранович – М.: Наука. 1968. – 382 с.

ОСОБЕННОСТИ АТОМНОЙ СТРУКТУРЫ ОБРАЗЦОВ $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{MnO}_3$

*Самойленко З.А.*¹, д-р физ.-мат. наук,
*Ивахненко Н.Н.*¹, канд. физ.-мат. наук, доц.,
*Пушенко Е.И.*¹, *Сычева В.Я.*¹, *Бадекин М.Ю.*²

¹ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, РФ

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

ylduz19.77@mail.ru

Возрастание интереса к мультиферроикам связано с тем, что они обладают двумя или более типами упорядочения. Мультиферроики, обладающие одновременно сегнетоэлектрическим и магнитным упорядочением, имеют возможность управления магнитными и электрическими свойствами. Многофункциональный характер этих материалов и возможность варьирования одним параметром через другой приводит к потенциальным применениям в различных электронных компонентах.

Перовскит BiFeO_3 – один из наиболее широко изученных мультиферроиков, поскольку его можно синтезировать при атмосферном давлении, а сегнетоэлектрическая температура Кюри $T_E=1100$ К и антиферромагнитная температура Нееля $T_N=640$ К значительно превышают комнатную температуру. Ряд оксидов перовскита на основе марганца, таких как BiMnO_3 , YMnO_3 , TbMnO_3 , TbMn_2O_5 , и т.д. также проявляют мультиферроидные свойства. BiMnO_3 и твердые растворы на его основе менее изучены, чем аналоги BiFeO_3 , поскольку для синтеза объемного BiMnO_3 требуется высокое давление. BiMnO_3 имеет ацентрическую моноклинную сверхструктуру перовскита с пространственной группой $C2$. Однако расчеты функционала плотности предсказали centrosymmetric structure с пространственной группой $C2/c$. Орторомбическая фаза (пространственная группа $Pnma$) находится в диапазоне температур от 768 К до температуры распада. Структура BiMnO_3 также может быть преобразована в орторомбическую фазу (пространственная группа $Pnma$) при давлении выше 8 ГПа. Объемные гомогенные твердые растворы $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{MnO}_3$ с $0,35 \leq x \leq 1$ доступны при атмосферном давлении, но для более низких значений x необходим синтез под высоким давлением.

Целью данной работы было исследование изменений в атомном порядке мультиферроика $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{MnO}_3$ при $x = 0, 0.1, 0.3, 0.5$.

Керамические образцы были получены методом быстрого спекания. Для дегидратации исходные порошки высокой чистоты прокаливались при температуре 180°C в течении 4 часов. Смесь исходных порошков в стехиометрическом соотношении измельчали в агатовой ступке,

просеивали через сито и прессовали в таблетки диаметром 8 мм под давлением $P=200$ МПа. Полученные прессовки спекали на воздухе при температуре $t_{\text{ann}} = 880^\circ\text{C}$ в течение 480 с в режиме быстрого нагрева и охлаждения. Нагрев проводили со скоростью $100^\circ\text{C}/10$ с в температурном интервале от комнатной температуры до 770°C и со скоростью $10^\circ\text{C}/\text{мин}$ в интервале от 770 до 880°C . Охлаждали образцы от 880°C до комнатной температуры со скоростью $100^\circ\text{C}/10$ с.

С помощью анализа диффузного рассеяния рентгеновских лучей были проведены исследования структуры полученных образцов. Использовали длинноволновое $\text{CrK}\alpha$ -излучение с V-фильтром и фотометод, чувствительный к регистрации диффузного рассеяния рентгеновских лучей слабой интенсивности, с последующим микрофотометрированием

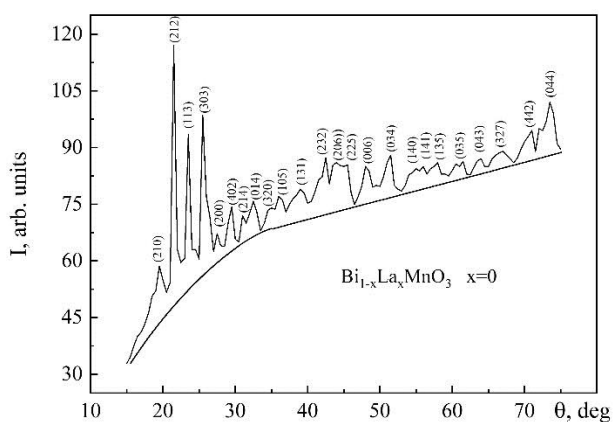


Рис. 1. Дифракционная картина от $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{MnO}_3$ при $x=0.0$

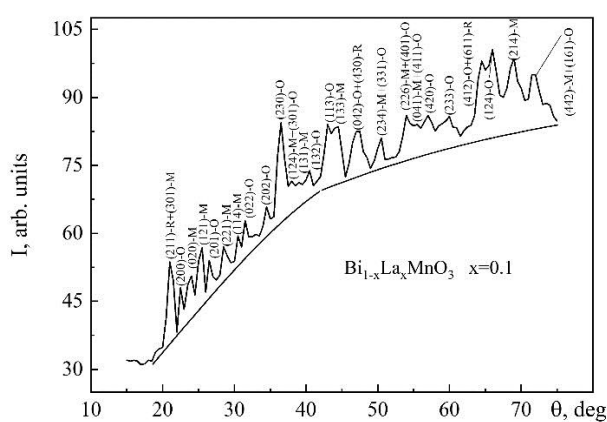


Рис. 2. Дифракционная картина от $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{MnO}_3$ при $x=0.1$

Сравнительный анализ рентгенограмм BiMnO_3 (рис.1) и $\text{Bi}_{0.9}\text{La}_{0.1}\text{MnO}_3$ (рис. 2) показал, что оба материала имеют одинаковую кристаллическую структуру (пространственная группа $C2/c$). Однако также наблюдалось соизмеримое количество орторомбического перовскита $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{MnO}_3$ пространственной группы $Pnma$ (рис. 2). Параметры ячейки $\text{Bi}_{0.9}\text{La}_{0.1}\text{MnO}_3$ несколько меньше, чем у BiMnO_3 , что соответствует небольшой разнице между ионными радиусами La^{3+} и Bi^{3+} (1,16 и 1,17 Å) соответственно. На дифрактограммах замечены диффузные гало у подошв дифракционных линий, что указывает на взаимодействия атомов в соседних кристаллографических структурах, вызвавших локальную аморфизацию данных групп плоскостей.

На рис. 3-4 представлены результаты рентгеноструктурного анализа образцов $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{MnO}_3$ ($x = 0.3; 0.5$). Самые интенсивные линии принадлежат двум фазам, обладающим орторомбической и ромбоэдрической симметрией. Рядом с главными линиями расположены группы линий, основания которых перекрываются в виде диффузных гало, свидетельствующих об аморфизации в данных структурных группах плоскостей.

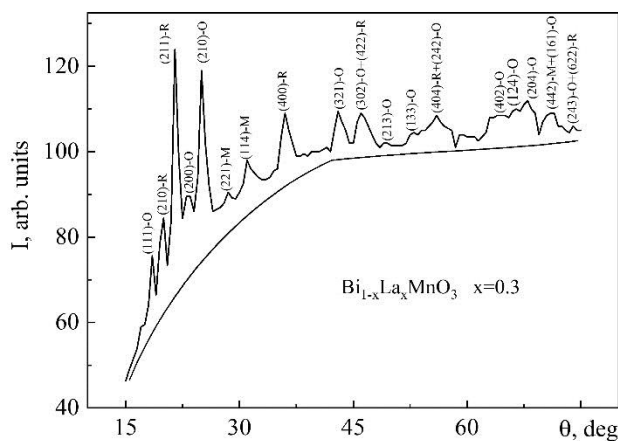


Рис. 3. Дифракционная картина от $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{MnO}_3$ при $x=0.1$

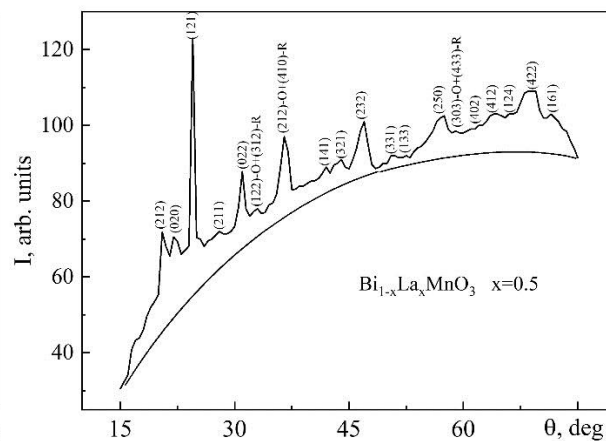


Рис. 4. Дифракционная картина от $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{MnO}_3$ при $x=0.5$

Таким образом, в результате проведенных рентгеноструктурных исследований для образцов $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{MnO}_3$ ($x = 0.0; 0.1; 0.3; 0.5$), полученных в ГУ «ДонФТИ» показан концентрационный фазовый переход из пространственной группы $C2/c$ в группу $Pnma$.

Список литературы

1. Zhang C. et al. Microtubular Fe/Mn-promoted $\text{CaO-Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$ bi-functional material for H_2 production from sorption enhanced water gas shift // *Applied Catalysis B: Environmental*. – 2022. – Т. 314. – С. 121474. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2022.121474>
2. Tiwari J. K. et al. Critical scaling and magnetic phase diagram of bi-skyrmion host quasi-two-dimensional $\text{La}_{1.37}\text{Sr}_{1.63}\text{Mn}_2\text{O}_7$ bi-layer manganite // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. – 2021. – Т. 535. – С. 168020. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2021.168020>
3. Zhu X., Bai C. Improved ferroelectric, dielectric and magnetic properties with La-and Mn-doped $\text{Bi}_5\text{Ti}_3\text{FeO}_{15}$ thin films // *Current Applied Physics*. – 2022. – Т. 41. – С. 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.cap.2022.06.010>

ИНДУЦИРОВАННЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В МАГНИТООДНООСНОЙ ПЛЕНКЕ ФЕРРИТА-ГРАНАТА

Сирюк Ю.А.¹, д-р физ.-мат. наук, проф.,
Безус А.В.¹, канд. физ.-мат. наук, доц., *Бондарь Е.Д.¹*, *Капшук Р.А.¹*,
Кононенко В.В.², канд. физ.-мат. наук

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

²ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк, РФ
a.bezus@donnu.ru

Введение. Эпитаксиальные пленки ферритов-гранатов занимают особое место среди магнетиков. Они обладают большим разнообразием доменной структуры, которое обусловлено как физическими свойствами материала пленки, так и воздействием магнитных полей и температуры.

Цель работы изучить влияние магнитных полей на фазовые переходы в доменных структурах в магнитоодноосной пленке феррита-граната. Такие исследования актуальны как для фундаментальной науки, так и для прикладной. Как показывает время, результаты исследования можно использовать при создании микроустройств как для записи и хранения информации, так и для направленной транспортировки магнитомаркированных биологических частиц.

Основная часть. Для исследования выбрана пленка с развитой поверхностью $\langle 111 \rangle$, выращенная методом жидкофазной эпитаксии на гадолиний-галлиевой подложке, состава $(YSmLuCa)_3(FeGe)_5O_{12}$. Толщина пленки $h = 6.8$ мкм, фактор качества $Q > 5$.

В работе используется два магнитных поля перпендикулярных поверхности пленки: 1– постоянное поле смещения ($H_{см}$) двух направлений; 2– монополярное импульсное поле.

Свойства решетки ЦМД зависят от способа ее формирования [1]. Рассмотрим два способа формирования РЦД: первый – импульсным полем при $H_{см} = 0$ и последующим наложением $H_{см}$ (РЦД₁); второй – импульсным полем при $H_{см} \neq 0$ (РЦД₂). При каждом способе после формирования РЦД импульсное поле выключается. Обе решетки имеют гексагональную упаковку, плотность которой удобно характеризовать параметром $y = d/a$. РЦД₁ при $H_{см} = 0$ является равновесной при температуре формирования, $y = 0.74$.

Период РЦД₁ (рис.1а) остается постоянным при изменении величины как $H_{см} > 0$, так и $H_{см} < 0$. С ростом $H_{см} > 0$ диаметр ЦМД и плотность РЦД₁ уменьшается (рис.1б), достигая величин $d = 3.2$ мкм и $y = 0.3$ при $H_{см} = H_{с1}$. При этом происходит коллапс РЦД₁, т.е. исчезает каждый центральный домен гексагональной упаковки (рис.1в) [2]. С ростом величины $H_{см} < 0$ диаметр ЦМД увеличивается. При $H_{см} = -20Э$ ЦМД

приобретает форму шестиугольника, образуется сотовая структура, плотность которой $y = 0.82$ (рис.1г). При дальнейшем росте величины отрицательного поля смещения размеры этих доменов увеличиваются, и при $-H_{см} = H_{B1}$ происходит «взрыв» сотовой структуры, т.е. фазовый переход сотовой ДС в ячеистую структуру (рис.1д). Новая структура имеет большое число дислокаций и дисклинаций и представляет собой нерегулярно расположенные пяти- и семилепестковые «цветы». В каждом «цветке» центральный домен маленький, круглый, а «лепестки» – крупные домены, имеющие форму неправильного многоугольника. Если исходная РЦД имеет дефекты в виде стыка полотен решетки или домена неправильной формы, то взрыв происходит на неоднородностях при поле, на 2–3Э меньшем H_{B1} . При воздействии импульсного магнитного поля на структуру, образующуюся после взрыва, возникает новая структура (крупные домены в виде вытянутых шестиугольников), напоминающая сети (рис.1е). При $H = -120Э$ и воздействии импульсного магнитного поля эта доменная структура исчезает, возникает РЦД с малой плотностью упаковки ($y = 0.3$), причем ЦМД в ней имеют противоположную полярность (рис.1ж). При $H_M = -135Э$ пленка переходит в монодоменное состояние. Если же на структуру, наблюдающуюся после «взрыва» (рис.1д), не действовать импульсным магнитным полем, то с ростом H домены увеличиваются, и при H_M пленка переходит в монодоменное состояние.

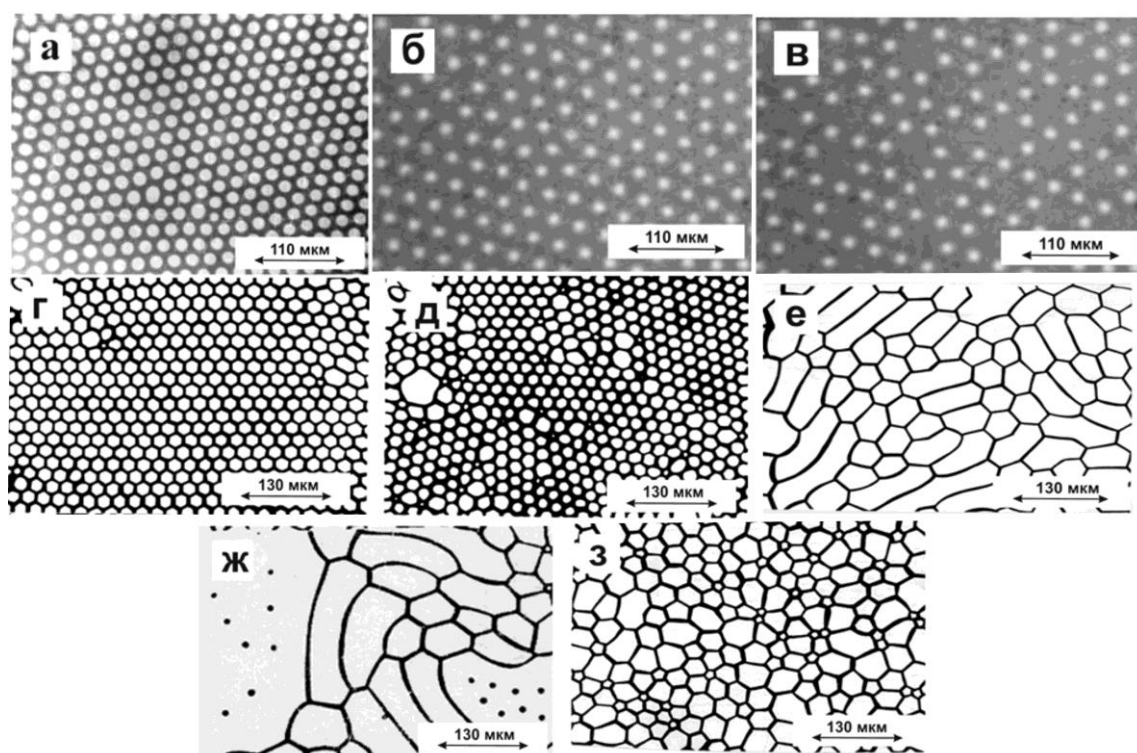


Рис. 1. Виды ДС пленки при разных магнитных полях: А– РЦД ($H = 0$), Б– $H > 0$, В– $H = H_K$, Г– сотовая ДС ($H < 0$), Д– ДС после «взрыва» СДС₁, Е– «сети», Ж– ДС ($H = -120Э$), З– ДС после «взрыва» СДС₂

Если РЦД формировать по второму способу, то с ростом поля смещения период РЦД₂ увеличивается, а диаметр ЦМД уменьшается. Коллапс РЦД₂ происходит в поле $H = H_{C2}$. При этом $H_{C2} > H_{C1}$. При формировании РЦД₂ в поле $0 < |H| < -45\text{Э}$ каждый ЦМД имеет круглую форму. Решетка внешне ничем не отличается от РЦД₂, сформированной при $H > 0$. При $H = -45\text{Э}$ домен приобретает форму шестиугольника. РЦД₂ превращается в соты. Взрыв этой сотовой структуры происходит при $H_{B2} = -70\text{Э}$, т. е. $|H_{B2}| < |H_{B1}|$. Новая структура имеет тоже вид пятилепестковых «цветков» с редкими вкраплениями семилепестковых (рис.13). Такое же влияние магнитного поля на РЦД₁ и РЦД₂ наблюдается во всех исследуемых пленках.

Заключение. Таким образом, при изменении поля смещения как в РЦД₁, так и в РЦД₂ наблюдается один фазовый переход второго рода и два фазовых перехода первого рода.

Фазовый переход второго рода происходит путем медленной перестройки формы доменной границы ЦМД и перехода решетки ЦМД в сотовую ДС. При этом сохраняется число доменов, растет величина плотности упаковки от $y = 0.74$ до $y = 0.82$, и незначительно увеличивается магнитостатическое давление.

Оба фазовых перехода первого рода (как при коллапсе РЦД, так и при «взрыве» сотовой ДС) происходят скачком из одного вида доменной структуры в такой же вид ДС с большим периодом и меньшим числом доменов. При этом давление резко изменяется. При коллапсе РЦД давление уменьшается на два порядка, а параметр плотности упаковки уменьшается от $y = 0.74$ до $y = 0.3$. При «взрыве» сотовой ДС давление увеличивается в 10 раз, а параметр плотности упаковки уменьшается до $y = 0.82$.

Список литературы

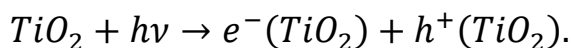
1. Сирюк Ю. А. Особенности доменных структур в феррит-гранатовых пленках с точкой компенсации и спиновой переориентацией: автореферат диссертации на соискание научной степени доктора физ.-мат. наук: спец. 01.04.11 «Магнетизм» / Ю. А. Сирюк. – Д., 2009. –36 с.
2. Сирюк Ю. А. Фазовые переходы в жесткой 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.

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ НАНОДИСПЕРСНОГО ДИОКСИДА ТИТАНА СО СТРУКТУРОЙ АНАТАЗ

*Спиридонов Н.А., Удодов И.А., канд. хим. наук, Сидак И.Л.,
Кара А.В., Кузенко Д.В., канд. физ.-мат. наук*
ГБУ «Научно-исследовательский институт «Реактивэлектрон»», г. Донецк, РФ
n.a.spir@mail.ru

Введение. Одним из самых эффективных, экологически чистых и экономичных методов очистки природной воды является каталитическое разрушение микробиологических объектов и токсичных органических соединений до простейших соединений (вода, углекислый газ, азот и пр.) на фотокатализаторе при его облучении светом, в частности ультрафиолетом. В качестве такого фотокатализатора применяют недорогой и безвредный диоксид титана (TiO_2) [1]. Цель нашей работы – исследовать фотокаталитические свойства фотокатализаторов на основе нанодисперсного диоксида титана в различных условиях.

Основная часть. Фотокаталитический процесс на диоксиде титана TiO_2 происходит через механизм образования электронно-дырочных пар, которые приводят к окислительно-восстановительным свойствам диоксида:



После разделения электронно-дырочных пар электроны или дырки, которые мигрируют на поверхность, имеют возможность принимать участие в реакциях восстановления или окисления.

В работе проведено исследование степени разложения метиленового синего при облучении ультрафиолетовым светом при различных условиях:

- 1) без фотокатализатора;
- 2) с фотокатализатором $Ti_{0,990}Fe_{0,01}O_{1,995}$;
- 3) с фотокатализатором TiO_2 с добавлением 2%(масс.) H_3BO_3 ;
- 4) с фотокатализатором TiO_2 с добавлением 4%(масс.) H_3BO_3 .

Время облучения ультрафиолетовым светом для каждого эксперимента составляло: 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 и 120 минут. До и после каждого эксперимента определяли показатель pH раствора.

Метиленовый синий выбран в качестве индикатора фотокаталитической активности диоксида титана, т.к. это традиционный индикатор для подобных исследований [2].

Для получения фотокатализатора приготовлены гранулы нанодисперсного диоксида титана [3], которые получены методом прессования с последующим дроблением.

Нанокристаллический диоксид титана использовали с кристаллической структурой анатаз А- TiO_2 , т.к. он, в сравнении с рутилом R- TiO_2 , обладает более высокой площадью поверхности и концентрацией кислородных вакансий, а также большей шириной запрещенной зоны (3,20 против 3,02 эВ или 384 и 410 нм соответственно). Это приводит к немного более высокой окислительно-восстановительной способности анатаза [4]. Эти преимущества делают анатаз А- TiO_2 более фотокаталитически активным чем рутил R- TiO_2 .

Для получения прочных гранул в порошок диоксида добавлена борная кислота H_3BO_3 , которая при прокаливании разлагалась до B_2O_3 , который при последующем плавился при температуре 450 °С в течение 2 часов, что обеспечивало припекание частиц диоксида титана друг к другу.

Фотокатализатор $\text{Ti}_{0.990}\text{Fe}_{0.01}\text{O}_{1.995}$ выбран в качестве сравнения, т.к. система $\text{TiO}_2\text{--Fe}$ является перспективной и сегодня активно исследуется [5].

Степень разложения метиленового синего определялась по изменению оптической плотности раствора. Для измерения оптической плотности использовали прибор КФК-2, работающий на длине волны $\lambda = 685$ нм.

Полученная зависимость оптической плотности раствора метиленового синего от времени экспозиции облучении ультрафиолетовым светом при различных условиях приведена на рис..

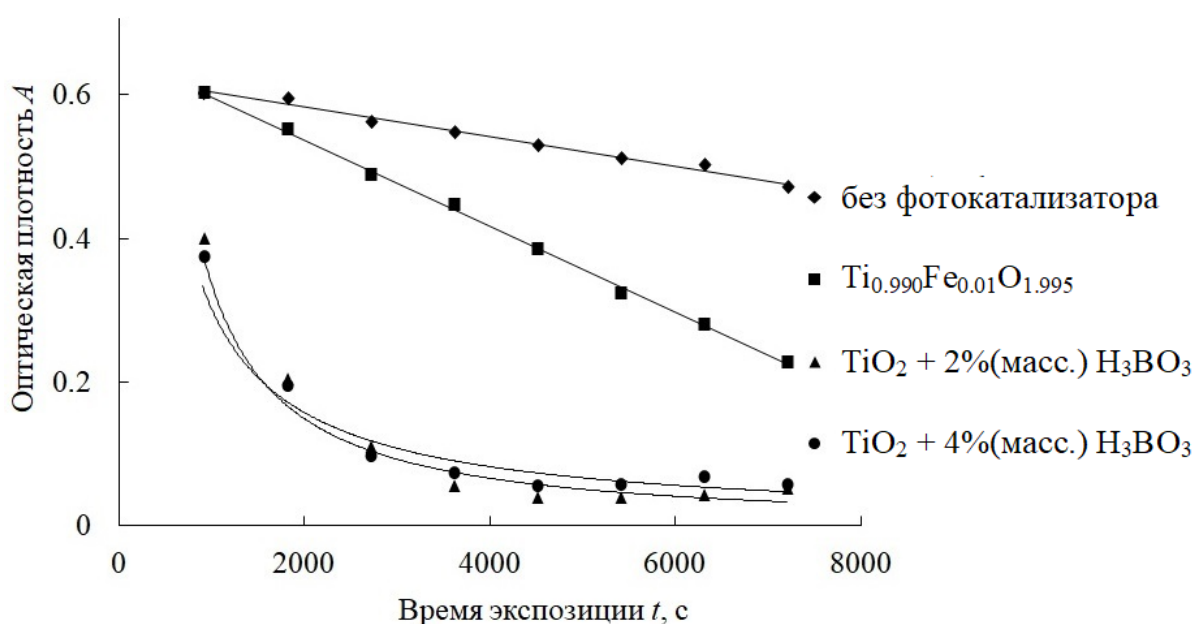


Рис. Зависимость оптической плотности раствора метиленового синего от времени экспозиции облучения ультрафиолетовым светом при различных условиях (без фотокатализатора и с фотокатализатором)

Для каждой из четырех зависимостей, приведенных на рис., мы построили аппроксимирующую функцию (табл.).

Таблица

№	Состав	Аппроксимирующая функция
1	Метиленовый синий (МС)	$A = -2 \cdot 10^{-0.5} \cdot t + 0.6246$
2	МС+Ti _{0,990} Fe _{0,01} O _{1,995}	$A = -6 \cdot 10^{-0.5} \cdot t + 0.6568$
3	МС+TiO ₂ +2%(масс.)H ₃ BO ₃	$A = 1131.5 \cdot t^{-1.175}$
4	МС+TiO ₂ +4%(масс.)H ₃ BO ₃	$A = 197.8 \cdot t^{-0.939}$

Стоит отметить различную кинетику разложения метиленового синего при использовании фотокатализаторов Ti_{0,990}Fe_{0,01}O_{1,995} и TiO₂ + H₃BO₃. В то время как увеличение содержания борной кислоты в составе TiO₂ + H₃BO₃ не приводит к заметной разницы в фотокаталитической активности нанодиспергированного диоксида титана.

Заключение. Проведенные исследования показали увеличение фотокаталитической активности нанодисперсного диоксида титана модификации анатаз А-TiO₂ при добавлении борной кислоты H₃BO₃, что связывается с проявление поверхностных эффектов. Полученные результаты могут быть полезны при дальнейших исследованиях процесса фотогенерации заряженных носителей заряда и процесса образования/разрыва связей при фотокатализе в диоксиде титана TiO₂, а также при построении новой динамической фотокаталитической модели.

Список литературы

1. Guo Q. Fundamentals of TiO₂ Photocatalysis: Concepts, Mechanisms, and Challenges / Q. Guo, C. Zhou, Z. Ma, and X. Yang // Adv. Mater. – 2019. – P. 1901997. – DOI: 10.1002/adma.201901997.
2. Tscirch J. Photodegradation of methylene blue in water, a standard method to determine the activity of photocatalytic coatings? / J. Tscirch, R. Dillert, D. Bahnemann, B. Proft, A. Biedermann and B. Goer // Res. Chem. Intermed. – 2008. – Vol. 34, № 4. – P. 381–392. – DOI: 10.1163/156856708784040588.
3. Prisedskii V. V. Production and Properties of Nanostructured Metal-Oxide Lead Zirconate-Titanate Piezoceramics / V. V. Prisedskii, V. M. Pogibko, V. S. Polishchuk // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. – 2014. – Vol. 52. – P. 505–513. – DOI: 10.1007/s11106-014-9553-y.
4. Ma Y. Titanium Dioxide-Based Nanomaterials for Photocatalytic Fuel Generations / Y. Ma, X. Wang, Y. Jia, X. Chen, H. Han, C. Li // Chem. Rev. – 2014. – Vol. 114. – P. 9987. – DOI: 10.1021/cr500008u.
5. Горбунова В. А. О фотокаталитической активности систем типа диоксид титана/(Fe(II, III)) в водных суспензиях / В. А. Горбунова, Л. М. Слепнева // НАУКА и ТЕХНИКА. – 2018. – Т.17, № 6. – С. 521–527. DOI: 10.21122/2227-1031-2018-17-6-521-527.

**«ТЕМНЫЕ» СОСТОЯНИЯ СПЕКТРА НЕГЕРМЕТИЧНЫХ –
МАГНОННЫХ ПОЛЯРОНОВ В МАГНИТНЫХ
ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ СО СКОЛЬЗЯЩИМИ КОНТАКТНЫМИ
ПОВЕРХНОСТЯМИ**

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

Тарасенко А.С.², канд. физ.-мат. наук

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

²ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А. А. Галкина», г. Донецк, РФ
tos1980@mail.ru

Активный исследовательский интерес к магнитоакустике гибридных магнитных структур возродился в последние годы в связи с необходимостью производства новых классов управляемых акустических метаматериалов и быстрым развитием магнонной спинтроники [1, 2], предполагающей замену зарядовых токов спиновыми токами, которые могут распространяться без переноса массы и электрического заряда. Ожидается, что это позволит создавать более компактные и высокоскоростные устройства для хранения и обработки информации.

Спиновые токи могут быть обусловлены не только электронами проводимости, но и магнонами, которые являются квазичастицами спектра спиновых волн, при этом класс сопутствующих динамических эффектов, представляющих не только чисто академический, но и прикладной интерес, постоянно расширяется. Однако, хотя различные аспекты взаимодействия спиновых токов с решеткой в многослойных и многокомпонентных магнитных материалах изучаются в многочисленных работах, большинство этих работ фактически сосредоточено на различных аспектах взаимодействия магнонов с полем излучающих фононов в слоистых магнитных гетероструктурах и возможности использования соответствующих эффектов на практике. Между тем, в отличие от оптики и акустики композитных проводящих и диэлектрических немагнитных материалов, условия формирования «темных» магнонных мод в спектре поля излучения фононов многослойной магнитной структуры, а также сопутствующих динамических аномалий, до сих пор остаются неясными.

В этом контексте целью данной работы было определение, в бездиссипативном пределе, необходимых условий, при которых косвенное спин-спиновое взаимодействие через поле виртуальных фононов, поляризованных в плоскости падения (фононов Лэмба) даже в акустически субволновом антиферромагнитном слое в упруго изотропной немагнитной среде, может даже в безобменном приближении привести одновременно к коллапсу акустического резонанса Фано и к

образованию «темных» состояний в спектре фононного излучения негерметичных объемных магнетонных поляронов.

Для простоты и наглядности расчетов предполагалось, что имеется два полупространства с вектором нормали к границе раздела $q||OZ$, занятые идеальной средой (соответствующие величины обозначены знаком тильда), в которой потенциал смещений $\tilde{\varphi}$, плотность и модуль сжатия ($\tilde{\rho}$ и $\tilde{\lambda}$), связаны с вектором смещений и тензором напряжений $\tilde{\mathbf{u}}$ и $\tilde{\sigma}$ соотношениями:

$$\tilde{\mathbf{u}} \equiv \nabla \tilde{\varphi}; \quad q \tilde{\sigma} q = -\tilde{\rho} \frac{\partial^2 \tilde{\varphi}}{\partial t^2}; \quad \tilde{k}^2 = \frac{\tilde{\rho}}{\tilde{\lambda}} \omega^2,$$

а на границе между этими полупространствами расположен слой толщиной $2d$ и вектором нормали к поверхности $q||OZ$ пространственно однородного АФМ, легкая магнитная ось которого OZ коллинеарна q . В качестве примера рассмотрим двухподрешеточную модель ($|M_1| = |M_2| = M_0$, M_0 – намагниченность насыщения подрешеток $M_{1,2}$) обменно коллинеарного центросимметричного АФМ, обладающего изотропным упругим и МУ взаимодействиями. Соответствующая плотность термодинамического потенциала в терминах векторов ферро- (\mathbf{m}) и антиферромагнетизма (\mathbf{l}) [3] имеет вид:

$$F = M_0^2 \left(\frac{\delta}{2} m^2 - \frac{b}{2} l_z^2 + \gamma l_i l_k u_{ik} \right) + \frac{\lambda}{2} u_{ii}^2 + \mu u_{ik}^2,$$

где α – константа неоднородного обмена [3, 4]. Будем описывать динамику рассматриваемой АФМ среды с помощью связанной системы уравнений, включающей теперь в себя уравнения Ландау–Лифшица и эластодинамики.

В частности, показано, что ширина линии, связанная с радиационным затуханием коррелирующей волны утечки вблизи точек существования «темного» состояния, может быть произвольно малой в рамках рассматриваемой бездиссипативной модели. В случае связанных низкотемпературных антиферромагнетиков гибридизация фонона и неоднородные обменные механизмы спин-спинового взаимодействия могут приводить к образованию дополнительных магнетон-поляронных связанных состояний в континууме излучательных фононных мод.

Определены условия, при которых спектр излучающих магнетонных поляронов в конечной акустически связанной системе одинаковых магнитных слоев с границами скольжения может дополнительно демонстрировать образование не только серии «темных» состояний необменных магнетонных поляронов Лэмба, но и акустическое сверхизлучение продольной объемной упругой волны легким магнетонным поляроном Лэмба.

Показано, что угловой эффект Шоха для продольной или поперечной вертикально поляризованной упругой волны, отраженной от магнитного слоя и прошедшей через него, может резко возрастать при падении снаружи на магнитный слой квазиплоской объемной упругой Р- или SY-волны.

Список литературы

1. Yu K. Magnetoactive Acoustic Metamaterials акустические метаматериалы / K. Yu, N. X. Fang, G. Huang // Adv. Mater. –Vol. 30. – 1706348. – 2018. – P. 1-10.
2. P. Liu J. Appl. Phys. / P. Liu, X. Chen, W. Xu, and Y. Pei // Vol. 127. – 18510. –2020. – P. 4.
3. Ожогин В. И. Ангармонизм смешанных мод и гигантская акустическая нелинейность / В. И. Ожогин, В. Л. Преображенский // УФН. – 1988. – Т.155. – С. 593-621.
4. Туров Е. А. Нарушенная симметрия и магнитоакустические эффекты в ферро- и антиферромагнетиках / Е. А. Туров, В. Г. Шавров // УФН. – 1983. – Т. 140. – С. 429-462.

УДК 539.32

УПРУГИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТОВ СИСТЕМЫ $\text{Co}_x(\text{CaF}_2)_{100-x}$

Тарасов Д.П., канд. физ.-мат. наук, доц., **Деревянко Г.А.**
ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, РФ
demetriys@mail.ru

Компонентами, исследуемой системы, являются металл Co, испытывающий переход в ферромагнитную фазу ниже 1394 К. Наногранулированные композиционные материалы систем $\text{Co}_x(\text{CaF}_2)_{100-x}$ и были получены методом ионно-лучевого распыления составной мишени на кремниевую или ситалловую подложку. Мишень представляла собой пластину из кобальта размером $280 \times 80 \times 10 \text{ mm}^3$, на поверхности которой были укреплены навески керамики размером $80 \times 10 \times 2 \text{ mm}^3$. 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 at. % металлической фазы в зависимости от взаимного расположения подложки и мишени. Структура пленки исследовалась с помощью растрового электронного микроскопа JSM-6380, а ее состав определялся с помощью электронно – зондового рентгеновского микроанализатора. Микрофотография поверхности образца $\text{Co}_{75}(\text{CaF}_2)_{25}$ представлена на рис. 1. Видно, что полученная структура является гранулированной с размерами гранул $\sim 3 \text{ nm}$ [1].

На кривых $Q^{-1}(T)$, полученных для свежеприготовленных образцов, в окрестностях 227 К обнаружен максимум внутреннего трения. Его высота зависит от объема металлической фракции, и возрастает с увеличением последней (рис. 2). Экспериментально полученным пикам Q^{-1} соответствует смягчение упругого модуля G.

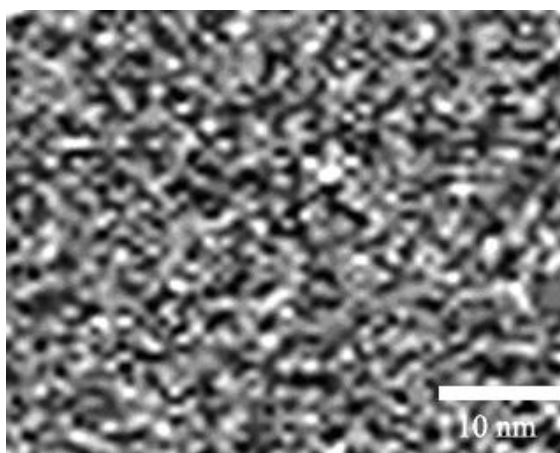


Рис. 1. Микрофотография поверхности свежеприготовленного образца $\text{Co}_{75}(\text{CaF}_2)_{25}$

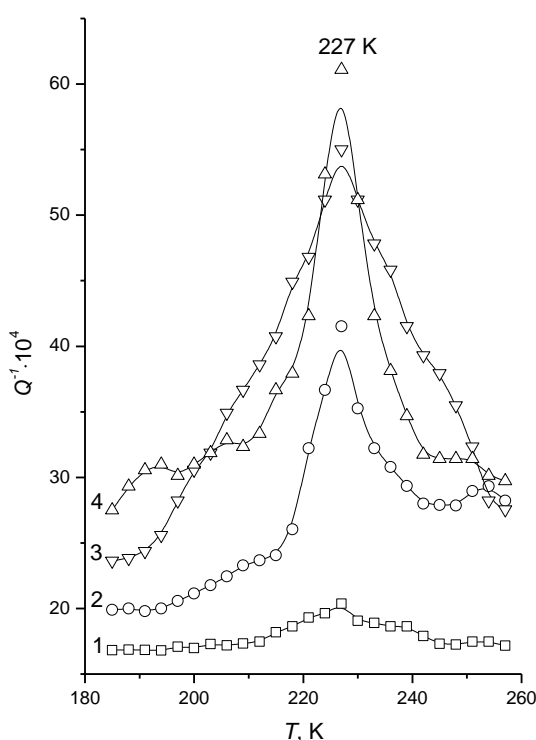


Рис. 2. Температурные зависимости Q^{-1} нанокompозитов $\text{Co}_x(\text{CaF}_2)_{100-x}$ при различной концентрации металлической фазы x , at. %: 1 – 80; 2 – 75; 3 – 70; 4 – 57

Тот факт, что высота пика Q^{-1} растет с увеличением концентрации металлической фазы, свидетельствует о затухании механических колебаний в аморфной структуре металлического сплава $\text{Co}_x(\text{CaF}_2)_{100-x}$. Исследования внутреннего трения в сплавах с аморфной структурой показали наличие максимумов в диапазоне низких температур. Природа этого пика связывается с термоактивированной перестройкой атомной структуры аморфной металлической фазы под действием механических напряжений.

Можно предположить, что наблюдаемые в материалах $\text{Co}_x(\text{CaF}_2)_{100-x}$ аномалии Q^{-1} , имеют одинаковую природу и связаны с перескоками атомов

Со в металлических зернах под действием механических напряжений. В этом случае энергию активации релаксационного процесса можно оценить по формуле Верта:

$$E = kT_m \ln \frac{kT_m}{hf} .$$

Здесь T_m – температура максимума внутреннего трения, h – постоянная Планка, k – постоянная Больцмана.

Определенная таким образом по формуле Верта энергия активации, составила $0,5 \pm 0,1$ eV. Величины энергии активации, определённой по формуле Верта хорошо согласуются с оценками энергии активации упругой релаксации, сделанными по методу полуширины максимума Q^{-1} для соответствующих материалов [2-4].

Хорошее совпадение рассчитанных и полученных экспериментально значений энергии активации подтверждают предположение о том, что наблюдаемые максимумы внутреннего трения для всех исследуемых нанокompозитов связаны с прыжковым движением атомов внутри металлических гранул.

В области температур, лежащей выше обсуждаемых максимумов внутреннего трения, обнаружено монотонное уменьшение модуля G , сопровождающееся ростом механических потерь с повышением температуры [5].

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. Тарасов Д. П. // ЖТФ. – 2013. – Т. 83. – № 2. – С. 65-69.

ВЛИЯНИЕ СЕРЫ НА ПОЛНУЮ ЭНЕРГИЮ ПЛАСТИНЫ (100) АНАТАЗА

Токий Н.В.^{1,2}, канд. физ.-мат. наук, *Токий В.В.*¹, д-р физ.-мат. наук, проф.

¹ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, РФ

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

nvt1976@mail.ru

Введение. Наноструктурированный анатаз широко используется в качестве фотокатализатора для разложения загрязнителей окружающей среды в воде и воздухе. Физико-химические свойства анатаза, такие как термическая и химическая стабильность, относительно высокая фотокаталитическая активность, низкая токсичность и низкая стоимость, делают его наиболее привлекательным фотокатализатором для восстановления окружающей среды. Очень важно расширить фотоотклик анатаза в видимый спектральный диапазон, который включает в себя большая часть солнечного спектра с точки зрения доступности энергии. В последнее время были предприняты интенсивные усилия для улучшения фотокаталитического поведения анатаза в видимом свете с использованием примесей серы [1,2].

Целью работы было изучить поведение серы в шестислойной (100) пластине анатаза.

Основная часть. Для изучения влияния серы на полную энергию и ее составляющие нами была использована наша из [3] модель 72-атомной шестислойной ячейки (100) пластины анатаза легированной примесью, где в качестве ячейки выбран прямоугольный параллелепипед с ребрами $\vec{a} \times \vec{b} \times \vec{c}$, длины которых $a = 27.125 \text{ \AA}$, $b = 3.875 \text{ \AA}$, $c = 9.514 \text{ \AA}$. Ячейка состоит из 24 атома титана, 1 атома серы и 47 атомов кислорода.

Мы в отличие от авторов[1] проводили моделирование в программе ABINIT с помощью abinit-инструмента (Version 2.8.3) nanoHUB [4]. Реализацию DFT в LDA для энергии обменной корреляции электронов осуществляли с использованием псевдопотенциалов Troullier-Martins [5] для Ti, S и O (предлагаемых по умолчанию в пакете ABINIT), а также энергии обрезания для плоских волн 40 Ha.

Рассчитаны полные энергии исследуемой ячейки (100) пластины анатаза, легированного серой при различных (указанных на рисунке 1 из нашей работы [3]) 18 положениях примеси. Зависимость полной энергии E_{tot} 72-атомной ячейки шестислойной (100) пластины анатаза от различных положений примеси серы представлена на рисунке 1.

Полная энергия E_{tot} кристалла в теории псевдопотенциалов выражена следующим образом:

$$E_{tot} = E_{kin} + E_{Loc} + E_{NLoc} + E_{psp} + E_{Har} + E_{XC} + E_{Ew},$$

где E_{kin} – кинетическая энергия валентных электронов.

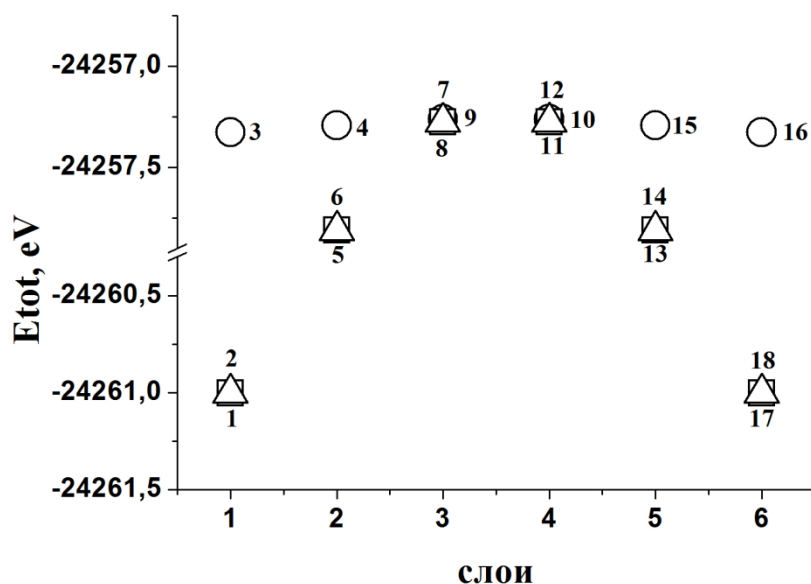


Рис. 1. Зависимость полной энергии ячейки шестислойной (100) пластины анатаза легированного серой от положения примеси

Энергию взаимодействия валентных электронов с ионным остовом составляют: E_{Loc} – локальная, E_{NLoc} – нелокальная и E_{psp} – энергия коррекции ионного остова.

Энергию взаимодействия валентных электронов между собой составляют: E_{Har} – Энергия Хартри валентных электронов и E_{XC} – Обменно-корреляционная энергия валентных электронов.

Наконец классическая электростатическое кулоновское взаимодействие ионных остовов атомов ячейки друг с другом обозначена как E_{Ew} - энергия Эвальда.

Получены зависимости всех составляющих полной энергии (100) пластины анатаза легированного серой, от положения примеси.

На рисунке 2 представлены компоненты полной энергии при стремлении примеси серы из приповерхностного слоя (трехкратно координированного положения 4) на поверхность (двухкратно координированного положения 1).

Из рисунка видно, что к способствующим стремлению примеси серы на поверхность компонентам относятся локальная энергия E_{Loc} и кинетическая E_{kin} , а к противодействующим компонентам относятся энергия Хартри E_{Har} и нелокальная энергия E_{NLoc} .

Заключение. Уменьшение координированности титана полную энергию уменьшает, а уменьшение координированности примеси серы, в отличие от примеси азота [3], полную энергию уменьшает.

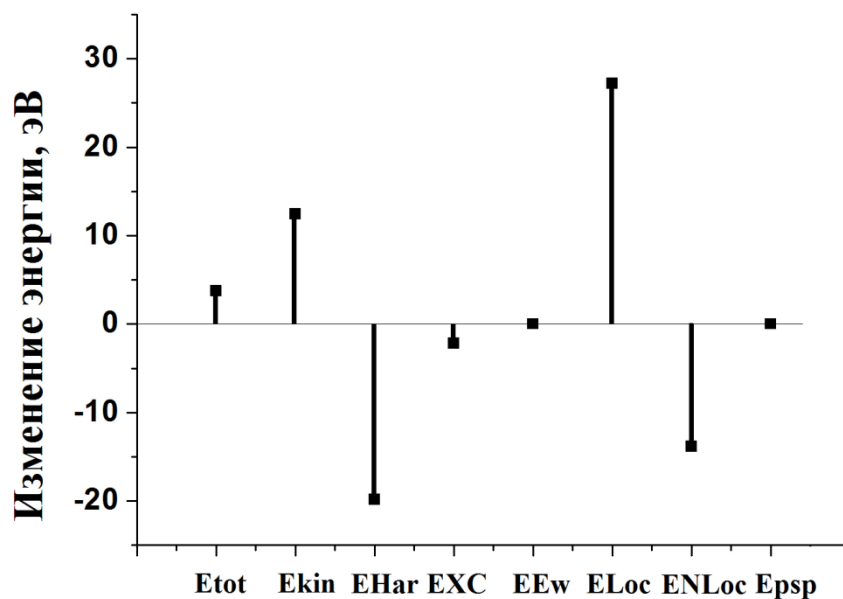


Рис. 2. Компоненты полной энергии при стремлении примеси серы из приповерхностного слоя на поверхность

Обнаружено стремление примеси серы к поверхностным и приповерхностным слоям ячейки анатаза, зависящее как от координированности примеси серы так и координированности связанных с ней атомов титана

Управление структурными, оптическими и электронными свойствами анатаза, легированного серой, потребует рассмотрения маршрутов перемещения примеси по ячейке.

Список литературы

1. Xiong K. Structural, electronic and optical properties of S-doped, Sc-doped and Sc{S co-doped anatase TiO₂: a DFT+U calculation / Kuangwei Xiong, Qianjun Zheng, Ziqiang Cheng, and Peng-Fei Liu // *Eur. Phys. J. B.* – 2020. – V. 93. – P. 201. <https://doi.org/10.1140/epjb/e2020-10368-x>
2. Changseok H. Innovative visible light-activated sulfur doped TiO₂ films for water treatment / Hana Changseok, Miguel Pelaeza, Vlassis Likodimosb, Athanassios G. Kontosb Polycarpus Falarasb, Kevin O'Sheac, Dionysios D. Dionysioua // *Applied Catalysis B: Environmental.* – 2011. – V. 107. – P. 77– 87.
3. Токий Н. В. Поведение азота в шестислойной (100) пластине анатаза / Н. В. Токий, В. В. Токий // *Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: матер. VII Междунар. научн. конф. (Донецк, 27–28 октября 2022 г.)*. – материалы данной конференции
4. <http://www.nanohub.org>.
5. Troullier N. Efficient pseudopotentials for plane-wave calculations / N. Troullier, J. L. Martins// *Phys. Rev. B.* – 1991. – 43. – P. 1993.

ПОВЕДЕНИЕ АЗОТА В ШЕСТИСЛОЙНОЙ (100) ПЛАСТИНЕ АНАТАЗА

Токий Н.В.^{1,2}, канд. физ.-мат. наук, **Токий В.В.**¹, д-р физ.-мат. наук, проф.

¹ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, РФ

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

nvt1976@mail.ru

Введение. Диоксид титана со структурой анатаза является полупроводником, представляющим интерес со многих точек зрения. Это материал перспективный для применения в солнечной энергетике. В особенности примечательным свойством анатаза является его высокая фотокаталитическая активность, поэтому в мире ведутся широкие исследования, направленные на создание на основе анатаза фотокатализаторов, которые могли бы быть использованы для эффективной очистки окружающей среды от органических загрязнителей и патогенных бактерий [1]. Одним из способов создания подобных фотокатализаторов является легирование анатаза атомами азота.

Целью работы было изучить влияние примеси азота на поведение полной энергии шестислойной (100) пластины анатаза.

Основная часть. Для изучения влияния легирования примесью (100) пластины анатаза на полную энергию и ее составляющие мы воспользовались построенной нами ранее в [2,3] 72-атомной ячейкой шестислойной (100) пластины анатаза. В качестве формы ячейки использовался прямоугольный параллелепипед с ребрами $\vec{a} \times \vec{b} \times \vec{c}$, длины (в Å) которых составляют: $a = 27.125$, $b = 3.875$, $c = 9.514$. В анатазе ближайшим окружением атомов титана является искаженный октаэдр атомов кислорода, а ближайшим окружением атомов кислорода – треугольник из атомов титана. На рисунке 1 представлена модель 72-атомной шестислойной ячейки (100) пластины анатаза с примесью (черные кружки – атомы титана, белые и серые кружки – атомы кислорода, в серые положения поочередно помещалась примесь). На (100) поверхностях (первый и шестой слои) атомы Ti пятикоординированы, а атомы Ti второго, третьего, четвертого и пятого слоев шестикоординированы. При этом на поверхности (100) присутствуют атомы кислорода двухкоординированные и атомы кислорода трехкоординированные (Рис.1). При расчетах атом азота поочередно помещался в 18 узлов ячейки, обозначенных на рисунке 1 серыми кружками.

В положениях 1, 2, 17 и 18 двухкоординированный атом примеси связан с одним шестикоординированным атомом титана и одним пятикоординированным атомом титана. В положениях 3 и 16 трехкоординированный атом примеси связан с тремя пятикоординированными

атомами титана. В положениях 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12 и 15 трехкоординированный атом примеси связан с тремя шестикоординированными атомами титана. В положениях 5, 6, 13 и 14 трехкоординированный атом связан с двумя шестикоординированными атомами титана и одним пятикоординированным атомом титана.

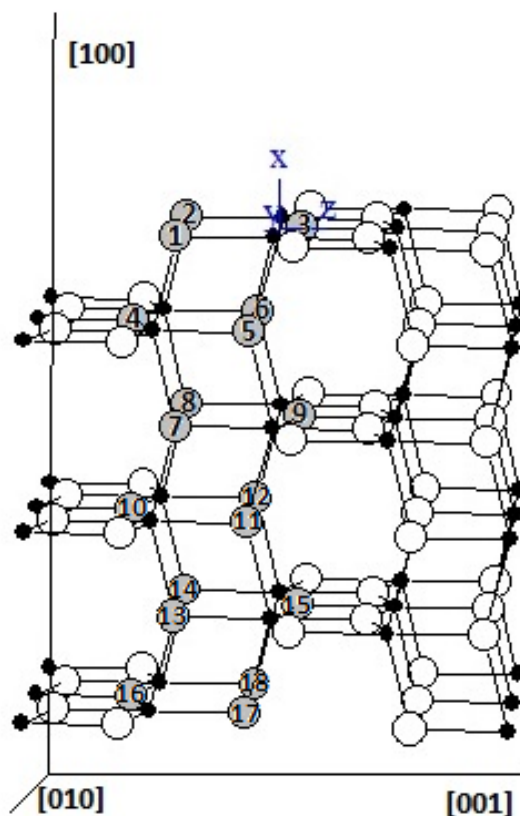


Рис. 1. Модель шестислойной ячейки (100) пластины анатаза с примесью

Моделирование проводили в программе ABINIT с помощью abinit-инструмента (Version 2.8.3) nanoHUB [4]. Реализацию DFT в LDA для энергии обменной корреляции электронов осуществляли с использованием псевдопотенциалов Troullier-Martins [5] для Ti, N и O (предлагаемых по умолчанию в пакете ABINIT), а также энергии обрезания для плоских волн 40 Ha.

Рассчитаны полные энергии исследуемой ячейки (100) пластины диоксида титана со структурой анатаза при различных положениях примеси азота, указанных на рисунке 1 серыми кружками. Зависимость полной энергии E_{tot} 72-атомной ячейки шестислойной (100) пластины анатаза от различных положений примеси азота представлена на рис. 2.

Заключение. Обнаружено стремление примеси азота к поверхностным и приповерхностным слоям.

Анализ показал, что уменьшение координированности атомов титана, связанных с примесью азота уменьшает полную энергию ячейки, а уменьшение координированности примеси азота увеличивает полную энергию ячейки.

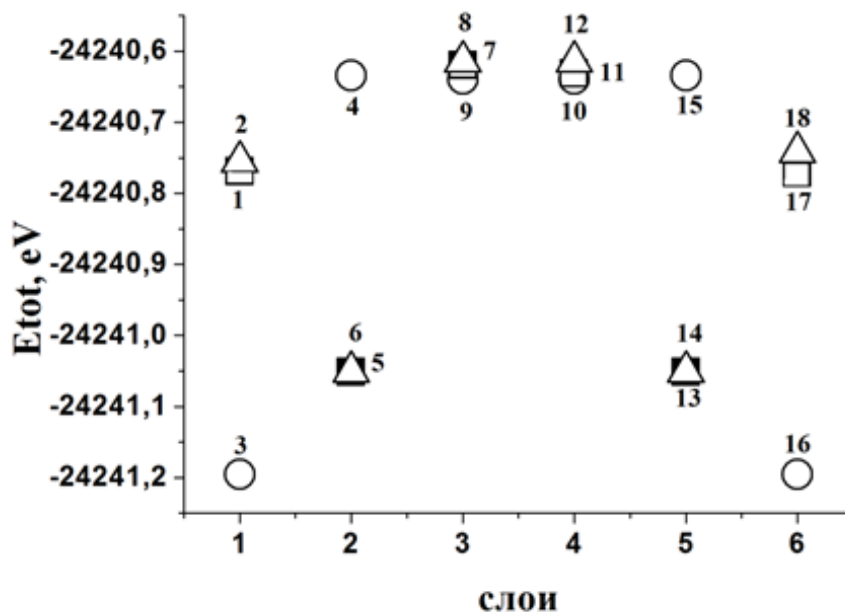


Рис. 2. Зависимость полной энергии ячейки анатаза от положений примеси азота

Расчет термодинамических параметров реализации стремления примеси к поверхности потребует дальнейших расчетов для различных маршрутов перемещения примеси.

Список литературы

1. Жуков В. П. Электронная зонная структура и распределение возбужденных электронов в зоне проводимости анатаза, легированного бором, азотом, углеродом / В. П. Жуков, В. Г. Тютюрев // ФТТ. –2012. – Т. 54, № 11. – С. 2043-2050.
2. Токий Н. В. Изменения энергии от положения анионной вакансии в (100) пластинах анатаза разной толщины / Н. В. Токий, В. В. Токий// Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: матер. VI Междунар. научн. конф. (Донецк, 26–27 октября 2021 г.). – Т. 2: Физические и технические науки. – Донецк: ДонНУ, 2021. – С.127–129. – URL: https://donnu.ru/public/files/Том 2 – Физические и технические науки_0.pdf
3. Токий Н. В. Энергия расширенной (100) пластины анатаза с анионной вакансией / Н. В. Токий, В. В. Токий // Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: матер. VI Междунар. научн. конф. (Донецк, 26–27 октября 2021 г.). – Т. 2: Физические и технические науки. – Донецк: ДонНУ, 2021. – С. 130–132. – URL: https://donnu.ru/public/files/Том 2 – Физические и технические науки_0.pdf
4. <http://www.nanohub.org>.
5. Troullier N. Efficient pseudopotentials for plane-wave calculations / N. Troullier, J. L. Martins // Phys. Rev. B. – 1991. – 43. – P. 1993.

ДИНАМИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР В ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ БОЛОМЕТРИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ

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

Решидова И.Ю., канд. физ.-мат. наук, с.н.с.

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

Задача по изучению теплопереноса в болометрической структуре, представляющей собой тонкую пленку на диэлектрической подложке с ненулевым температурным коэффициентом сопротивления, возникла в связи с развитием нестационарного метода диагностики полного набора тепловых кинетических коэффициентов в таких объектах [1,2]. Схема эксперимента приведена на рис. 1. Как видно, пленка нагревается поглощаемой мощностью инфракрасного излучения. Процесс распространения тепла в пленочной структуре удобно характеризовать тремя температурными амплитудами и тремя постоянными времени. Температурные амплитуды $T_1 \ll T_2 \ll T_3$ характеризуют перепад температур, возникающий на интерфейсе пленка-подложка, на толщине подложки и на интерфейсе подложка-термостат после установления в системе стационарного теплопереноса. Соответственно, набор постоянных времени $\tau_1 \ll \tau_2 \ll \tau_3$ характеризует временные масштабы процессов установления этих разностей температур.

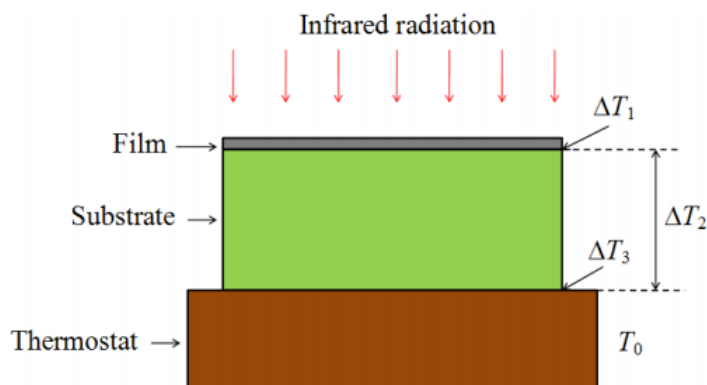


Рис. 1. Схема эксперимента

На рис. 2 кривая 1 представляет результат численного решения системы уравнений, описывающих временные зависимости изменения температуры пленки ΔT_f после включения мощности нагрева [1,2]. На кривой 1 кружками отмечены две особые точки, соответствующие значениям температуры пленки в момент времени τ_1 и τ_3 . Знание этих величин позволяет оценить с помощью приближенных соотношений вида

$\Delta T_f = T_3[1 - \exp(-t/\tau_3)]$ тепловые сопротивления интерфейсов пленка-подложка (R_{fs}) и подложка-термостат (R_{st}). При этом постоянные времени $\tau_1 = R_{fs}C_f$ и $\tau_3 = R_{st}C_s$, где C_f и C_s – теплоемкость пленки и подложки. Участки зависимости $\Delta T_f(t)$ в масштабах времени порядка τ_1 и τ_3 регистрируются с помощью специального оборудования [3], а простота модельных представлений позволяет сделать надежные оценки тепловых сопротивлений интерфейсов.

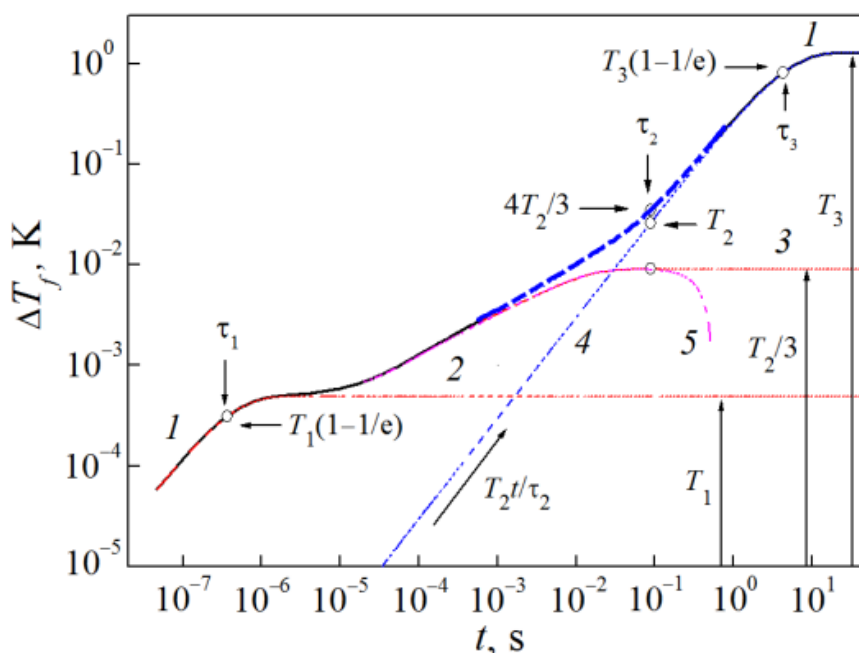


Рис. 2. Расчетные временные зависимости температуры нагрева пленки болометрической структуры после включения мощности нагрева: 1 – численное решение уравнений; 2–5 – решения уравнений в рамках приближенных моделей

Менее наглядной с точки зрения процессов распространения тепла в подложке является область в масштабе времени порядка $\tau_2 = C_s d / S \lambda_s$, где d и S – толщина и площадь подложки, а λ_s – теплопроводность материала подложки. Дело в том, что температурная амплитуда T_2 характеризует разность температур, возникающую на толщине подложки в режиме стационарного теплопереноса, а в динамическом процессе эта величина проявляется более сложным образом. Как показано на рис. 2 температура пленки в момент времени τ_2 на треть превышает значение T_2 . С точки зрения процесса распространения тепла в пленочной структуре этот динамический эффект связан с большой разницей временных масштабов продвижения фронта теплового потока по толщине подложки и установления стационарного теплопереноса на интерфейсе подложка-термостат. Для приближенного описания изменения температуры пленки в масштабе времени порядка τ_2 часто используется выражение [2,4]:

$$\begin{aligned}
T_s(x=0, t) &= T_0 + \frac{P_j t}{c_s \rho_s V_s} + \frac{T_2}{3} \left[1 - \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left(-n^2 \pi^2 \frac{t}{\tau^2}\right) \right] = \\
&= T_0 + \frac{T_2 t}{\tau_2} + \frac{T_2}{3} \left[1 - \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left(-n^2 \pi^2 \frac{t}{\tau^2}\right) \right].
\end{aligned}
\tag{1}$$

Структура формулы (1) характеризует два процесса. Второй член отражает линейный по времени нагрев пленочной структуры как целого, а третий – характеризует изменение температуры пленки при распространении теплового потока по толщине подложки. На рис. 2 эти зависимости представлены кривыми 4 и 5. Сумма значений этих кривых изображена жирной пунктирной линией, которая совпадает с участком кривой 1, представляющее собой точное решение системы уравнений. Действительно, температура пленки в момент времени τ_2 равна $4T_2/3$. Кривая 5 на рис. 2 имеет немонотонный вид, она демонстрирует рост температуры в течение времени $t < \tau_2$, а при больших временах ее значения ΔT_f быстро убывают. В результате при больших временах $t > \tau_3$ на толщине подложки формируется разность температур, равная T_3 .

Таким образом, изучен нелинейный динамический эффект, связанный с распространением тепла в пленочной структуре в режиме одноимпульсного нагрева пленки, заключающийся в превышении на треть значения температуры пленки T_2 , которая устанавливается на толщине подложки в условиях стационарного теплопереноса.

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. Нелинейные эффекты теплопереноса в болометрической структуре (численное моделирование) / Ю. М. Николаенко, Д. О. Федюк // ФТВД. – 2021. – Т. 31, № 2. – С. 56–62.
3. Николаенко Ю. М. Измерение кинетических тепловых характеристик пленочных структур / Ю. М. Николаенко, Ю. Г. Пашкевич, Р. Lemmens // ПТЭ. – 2002. – № 6. – С. 133–137.
4. Карлслюу Г. Теплопроводность твердых тел / Г. Карлслюу, Д. Егер. – Москва: Наука. – 1964. – 488 с.

ПАРАМЕТРЫ ТОНКИХ ПЛЁНОК ОКСИДНЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ В ТУННЕЛЬНЫХ КОНТАКТАХ

Хачатурова Т.А.^{1,3}, канд. физ.-мат. наук,

*Бутько В.Г.*¹, канд. физ.-мат. наук, с.н.с.,

Гусев А.А.^{1,2}, канд. физ.-мат. наук, доц., *Лёдова А.В.*^{3,4}

¹ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк, РФ

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

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

⁴ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург, РФ

khachaturovat@mail.ru

Стремительное развитие твердотельной электроники в области нанотехнологий и наноматериалов привело к тому, что в электронных приборах и устройствах наноструктурные контакты заменяют целые интегральные микросхемы [1-3]. Хорошо известно, что весьма перспективными наноструктурами с точки зрения энергосбережения, являются туннельные контакты, туннельные диоды и туннельные полевые транзисторы, которые состоят из металлических, полуметаллических или полупроводниковых электродов, разделенных тонким слоем изолятора, представляющим потенциальный барьер, в виде потенциальной ступеньки [1,2]. В этом случае токовые характеристики туннельного контакта существенным образом зависят от такого параметра потенциальной ступеньки как её толщина d . Однако, для туннельных структур, в которых изолятором выступает диэлектрический материал, например оксидный диэлектрик, туннельный барьер представляет собой не просто потенциальную ступеньку, а потенциальную ступеньку с нижним краем, как показано на рисунке 1. Заштрихованные области представляют собой электроды с энергиями Ферми E_F . В этом случае, электронам проводимости приходится туннелировать через запрещенную зону оксидного соединения. Ширина этой зоны E_G на энергетической диаграмме определяется расстоянием между потолком валентной зоны E_V и дном зоны проводимости E_C рассматриваемого диэлектрика [3]. В связи с чем, при численном моделировании туннельных характеристик необходимо принимать во внимание значение такого

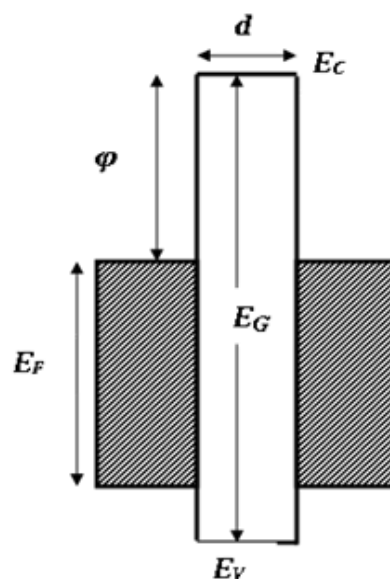


Рис. 1

параметра зонной структуры как E_G а, также учитывать связь между параметрами E_G и d .

В последние десятилетия, диоксид кремния является самым распространённым соединением в полупроводниковых контактах. Он выступает диэлектрическим слоем как самостоятельно, так и в качестве «подбарьерного» слоя, как показано на рисунке 2 для улучшения качества интерфейса совместно с так называемыми «high-K» диэлектриками, представляющими собой оксидные материалы, с высокой диэлектрической проницаемостью, например оксиды металлов HfO_2 , ZrO_2 и другие [1,2]. В этом случае потенциальный барьер представляет собой более сложную структуру и состоит из нескольких тонких плёнок: плёнки «high-K» диэлектрика и тонкой плёнки диоксида кремния, каждая из которых имеет свои толщину и ширину E_{GS} и d_S – для диоксида кремния и E_{GH} и d_H – для high-K» диэлектрика. При этом толщина плёнки d_S диоксида кремния достигает предельных значений. Заметим, что основное условие

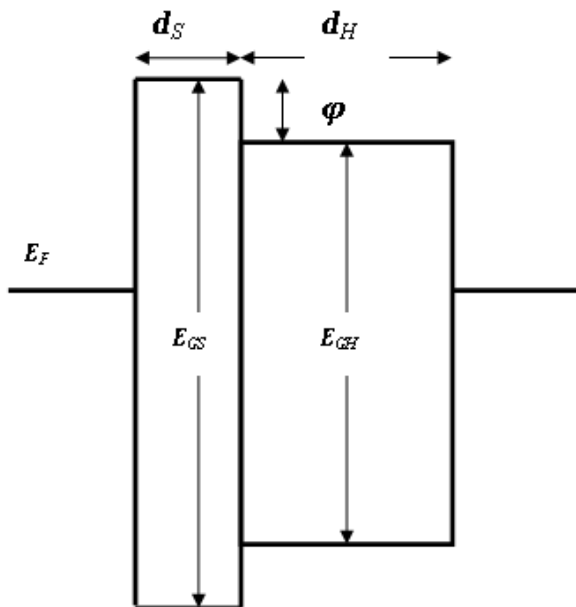


Рис. 2

стабильной работы кремниевых туннельных фильтров заключается в том, чтобы ширина его запрещенной зоны E_{GS} всегда превышала значение запрещенной зоны «high-K» диэлектрика E_{GH} на величину 2ϕ . [10]. Большой интерес, проявляемый исследователями при моделировании подобных туннельных устройств, привел к тому, что параметры зонной структуры SiO_2 , HfO_2 , ZrO_2 и других «high-K» диэлектриков в настоящее время хорошо изучены теоретически и экспериментально [1,2] и являются общеизвестными. Установлено, что значение E_G ширины запрещенной зоны SiO_2 составляет 9.0 эВ, с допустимым сдвигом $\Delta = \pm 3.2$ эВ, что

превышает значения запрещенной зоны HfO_2 и ZrO_2 . Данный сдвиг Δ авторы большинства работ связывают с пространственными особенностями различных типов кристаллической решетки SiO_2 , а именно с наличием у диоксида кремния различных модификаций элементарной ячейки: гексагональной, кубической, тетрагональной, тригональной и других [1]. В виду вышесказанного, путём проведения первопринципных вычислений в рамках теории функционала плотности методом проекционных присоединенных волн (PAW) [4], с использованием программного пакета VASP (Vienna *ab initio* simulation package) нами были получены значения E_{GS} кристаллов диоксида кремния для его различных

пространственных модификаций: для гексагонального типа элементарной ячейки (β -кварц) ширина запрещенной зоны равна $E_G=7.97$ эВ, для тригонального типа (α -кварц) $E_G=7.79$ эВ, для кубического типа (А-кристобаллит) $E_G=9.35$ эВ, для тетрагонального типа (α - кристобаллит) $E_G=7.91$ эВ, для тетрагонального типа (стишовит) $E_G=8.23$ эВ, а также рассчитаны значения E_{GS} двумерного кристалла диоксида кремния при различных d_S [4]. Проведённые нами расчёты показали, что величина запрещенной зоны SiO_2 зависит не только от модификации его кристаллической решётки, но и от толщины плёнки. Установленная нами зависимость между параметрами E_G и d может быть проявлением размерно-квантовых эффектов в тонких плёнках [3,5]. Таким образом, основные параметры зонной структуры важнейшего кремниевого диэлектрика связаны между собой, что необходимо учитывать при моделировании кремниевых туннельных устройств, в которых диоксид кремния выступает в качестве подслоя для улучшения диэлектрических свойств «high-K» диэлектриков.

Список литературы

1. Robertson J. High-K materials and metal gates for CMOS applications / J. Robertson, R. W. Wallace // Mater. Sci. Eng. R. – 2015. – V.88. – P.1-41.
2. Векслер М. И. Повышение эффективности кремниевого туннельного МДП-инжектора горячих электронов при использовании оксидов с большой диэлектрической проницаемостью / М. И. Векслер // Письма в ЖТФ. – 2015. – Т. 41, вып. 17. – С. 103-110.
3. Хачатурова Т. А. Отрицательная дифференциальная проводимость туннельных структур металл-диэлектрик-металл / Т. А. Хачатурова, А. И. Хачатуров // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2008. – Т. 134, № 5. – С. 1006-1012.
4. Хачатурова Т. А. Электронная структура и свойства двумерного диоксида кремния / Т. А. Хачатурова, В. Г. Бутько, А. А. Гусев // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2022. – Т. 115, вып.1. – С. 48-51.
5. Румянцев В. В. Квантовые наночастицы: синтез, свойства, применение: учебное пособие / В. В. Румянцев, А. Г.Петренко, Ю. А.Паладян. – Донецк: ДонНУ, 2022. – 90 с.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ДС-МАГНЕТРОНА НА РОСТ МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

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

¹ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк, РФ,

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

shemal@mail.ru

Углеродные нанотрубки впервые наблюдались еще в середине прошлого столетия [1], однако наибольший интерес к ним возник лишь после публикации Иидзимы (Iijima) в 1991 году.

Образцы получали в 100 %-ной атмосфере азота на протяжении 1 часа при токе ДС-магнетрона около (50 ± 2) мА, напряжении разряда (242 ± 4) В и давление в рабочей камере на уровне (165 ± 5) мТорр со стабилизированной температурой нагрева подложки 225°C [4,5]. Полученные пленки изучали с помощью просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ) JEM-200A фирмы «JEOL».

На изображении, полученном с помощью ПЭМ (рис. 1,а), видно, что пленка $\text{CN}_x:\text{Eu}_y\text{O}_z$ представляет собой массив из вертикально ориентированных многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ) диаметром порядка 70 нм. Внутренний канал МУНТ имеет бамбукообразную структуру (рис. 1,б), что является характерной особенностью нанотрубок, полученных в азотсодержащей атмосфере [2-6], а сферическое образование на вершине канала (рис. 1,с) напоминает частицу металла-катализатора в типичных МУНТ, синтезируемых классическими каталитическими методами [7].

Металлы и их оксиды при определенных условиях могут выступать в роли катализатора роста МУНТ, однако такие наночастицы, равно как и наночастицы традиционных катализаторов, на ПЭМ изображениях всегда обладают значительно более высокой контрастностью относительно стенок трубки. В нашем случае границы сферического образования едва различимы на фоне окружающего материала. Это свидетельствует об эдентичности материалов, то есть глобула состоит преимущественно из углерода. Этот факт указывает на бескаталитический в традиционном понимании механизм роста МУНТ, теория которого на сегодняшний день разработана значительно меньше каталитического.

В условиях ДС-магнетронного синтеза одним из ключевых факторов, влияющих на формирование трубчатой структуры, наряду с плотностью потока распыляемого вещества и температурой ростовой поверхности, выступает электромагнитное поле магнетрона [3-7].

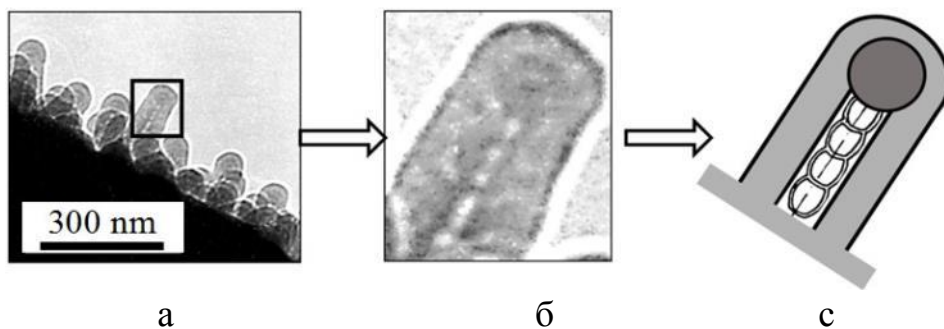


Рис. 1. Многослойные углеродные нанотрубки в пленках $CN_x:Eu_yO_z$

В образовавшихся на подложке аморфных углеродных глобулах под действием электромагнитного поля возникают механические напряжения, описываемые тензором натяжений Максвелла [7]:

$$\sigma_{ij} = \varepsilon_0 \left(E_i E_j - \frac{1}{2} \delta_{ij} E^2 \right) + \frac{1}{\mu_0} \left(B_i B_j - \frac{1}{2} \delta_{ij} B^2 \right), \quad (1)$$

где E – напряженность электрического поля, B – напряженность магнитного поля, ε_0 и μ_0 – электрическая и магнитная постоянные соответственно.

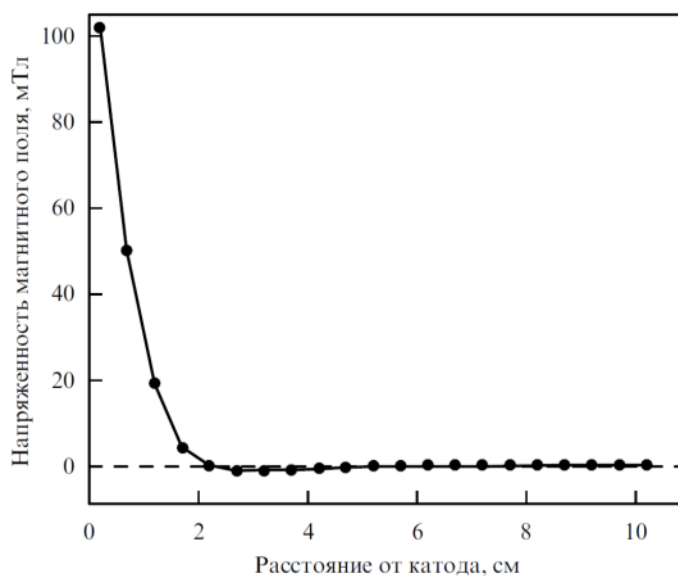


Рис. 2. Распределение напряженности магнитного поля при удалении из области максимальной напряженности в перпендикулярном к катоду направлении [7]

Поскольку в условиях данного эксперимента расстояние мишень – подложка составляло более двух сантиметров, магнитной составляющей можно пренебречь (Рис. 2). Следовательно:

$$\begin{aligned} \sigma_{ij} &= \varepsilon_0 E_i E_j - \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2 \delta_{ij}, \\ \sigma_E &= \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Тогда механическое напряжение зависит только от напряженности электрического поля, которую можно рассчитать по формуле [7]:

$$E = \frac{2U}{r \ln\left(\frac{2d}{r}\right)}, \quad (3)$$

где U – потенциал зародышевой частицы, r – ее радиус, d – расстояние от частицы до катода.

Принимая $U=(242\pm 4)$ V, $d=3$ cm, $r=35$ nm, получаем $E \approx 1,95 \times 10^7$ V/cm. Подставляя это значение в уравнение (2) для натяжения Максвелла, имеем $\sigma_E \approx 1,68 \times 10^7$ N/m², что на порядок выше, чем в случае бескаталитического синтеза МУНТ, например методом электродугового разряда. Таким образом, создаваемого электрическим полем магнетрона механического напряжения внутри зародышевой глобулы, должно быть достаточно для того, чтобы она начала вытягиваться по направлению к катоду. Дальнейший рост, может происходить по стандартной модели «пар-жидкость-кристалл», предполагающей послойную графитизацию в нижней области зародышевой частицы, обусловленную градиентом температуры.

Важно отметить, что, в случае «чистого» бескаталитического синтеза (когда единственным «строительным материалом» является углерод) на верхушках МУНТ, как правило, не наблюдается никаких остаточных наночастиц. Наличие глобулы на кончиках МУНТ, может быть обусловлено включениями в углеродную каплю оксида европия.

Список литературы

1. Пржеvusкий А. К. Конденсированные лазерные среды: учеб. пособие / А. К. Пржеvusкий, Н. В. Никоноров. – СПбГУ ИТМО, СПб, 2009. – 147 с.
2. 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. – P. 1-5.
3. Лихтенштейн И. Я. Особенности структуры плёнок $CN_x:Eu_yO_z$, полученных с помощью магнетрона постоянного тока / И. Я. Лихтенштейн, Е. И. Шемченко, И. Я. Глазунова // Физика и техника высоких давлений. – 2020. – Т. 30, №2. – С. 81-87.
4. Самойленко З. А. Самоорганизация размерного и концентрационного разнообразия в кластеризованной структуре пленок $CN_x:Eu_yO_z$ / З. А. Самойленко, Н. Н. Ивахненко, Е. И. Пушенко, В. Н. Варюхин, Е. И. Шемченко // Журнал технической физики. – 2020. – Т. 90, №2. – С. 319-324.
5. Шемченко Е. И. Люминесценция и модель роста наноклонарных плёнок $CN_x:Eu_yO_z$, полученных на магнетроне постоянного ток / Е. И. Шемченко, В. И. Кириченко, А. Н. Гангало // Физика и техника высоких давлений. – 2017. – Т. 27, №2. – С. 27-36.
6. Шемченко Е. И. Некоторые особенности морфологии поверхности наноструктурных плёнок нитрида углерода, легированных оксидом европия / Е. И. Шемченко, И. Я. Лихтенштейн // Физика и техника высоких давлений. – 2019. – Т. 29, №2. – С. 63-71.
7. Каштанов П. В., Магнетронная плазма и нанотехнология / Б. М. Смирнов, Р. Хиплер, УФН. – 2007. –Т. 177. – С. 473–510.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ПРЕДЫСТОРИИ НА ФАЗООБРАЗОВАНИЕ И СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$

Шикина Т.В.¹, Скрыпник М.Ю.¹, Волков Д.В.², Шилкина Л.А.²

¹Южный федеральный университет, химический факультет, г. Ростов-на-Дону, РФ

²Южный федеральный университет, Научно-исследовательский институт физики,

г. Ростов-на-Дону, РФ

shikina@sfnu.ru

Введение. В постоянно развивающемся мире все большее внимание привлекают новые разработки в области накопителей энергии [1, 2], в частности конденсаторы на основе сегнетоэлектриков релаксоров и систем сочетающих сегнетоэлектричество и антисегнетоэлектричество. Такие решения, по сравнению с традиционными батареями и другими устройствами для хранения электрической энергии, отличаются большой удельной мощностью, компактностью и высоким КПД. Благодаря данным особенностям они нашли широкое применение в микроэлектронике и электроэнергетических системах.

С точки зрения экологической безопасности важно найти бессвинцовый материал, не уступающий в задачах хранения, накопления и отдачи электроэнергии. Основой для такого материала может стать система твердых растворов (ТР) $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$, которая представляют собой наиболее изученную бессвинцовую релаксорно-сегнетоэлектрическую систему с перспективами применения в пьезоэлектрике и микроволновых установках с перестройкой электрического поля. Следует отметить, что данные ТР нашли применение в качестве материалов с гигантским электрокалорическим эффектом и в тонкопленочной форме, в качестве материалов для хранения энергии [3].

Таким образом, целью данной работы стало установление закономерностей влияния термодинамической предыстории на фазообразование и физические характеристики, системы ТР $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$.

Основная часть. В данной работе синтезированы ТР $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$, где $x=0, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.45$. В качестве исходного сырья использовали BaCO_3 (99 %), ZrO_2 (99 %), TiO_2 (99 %). Все объекты исследования были разделены на две группы и получены методом двухстадийного твердофазного синтеза при $T_1=1320$ °С, $t=4$ ч., $T_2=1440$ °С, $t=6$ ч. и $T_1=1320$ °С, $t=4$ ч., $T_2=1450$ °С, $t=6$ ч. Последующее спекание проводили при $T_{\text{сп}}=1450$ °С, $t=2$ ч. и $T_{\text{сп}}=1460$ °С, $t=2$ ч. Фазовый состав и полноту синтеза контролировали при помощи рентгеновской дифракции на длине волны $\text{CoK}\alpha$, с помощью дифрактометра ДРОН-3. На каждой стадии технологического процесса проводилась поэтапная оптимизация

условий образования ТР. Определение экспериментальной плотности образцов осуществляли методом гидростатического взвешивания в н-октане.

Из результатов рентгеноструктурного анализа следует, что полученные образцы ТР беспримесны, имеют структуру типа перовскита, а симметрия всех образцов при $T=T_{\text{ком}}$ кубическая. Значения объема элементарной ячейки и параметров плотности представлены в таблице.

Таблица

x	Симметрия	$T_{\text{сп.}},$ К	$a, \text{Å}$	$V, \text{Å}^3$	$\rho_{\text{exp}}, \text{г/см}^3$	$\rho_{\text{X-ray}}, \text{с/см}^3$	$\rho_0, \%$
0	куб	1450	3,996	63,81	5,45	6,01	90,67
		1460	4,030	65,47	5,58	6,02	95,50
0.1	куб	1450	4,026	65,29	4,79	6,05	79,21
		1460	4,028	65,36	5,74	5,93	92,30
0.15	куб	1450	4,034	65,69	5,22	6,05	86,29
		1460	4,033	65,63	5,74	6,06	94,80
0.2	куб	1450	4,045	66,21	4,54	6,06	74,85
		1460	4,045	66,22	5,71	6,06	77,70
0.25	куб	1450	4,055	66,68	5,16	6,08	84,80
		1460	4,061	66,98	5,73	6,05	94,56
0.3	куб	1450	4,065	67,21	4,45	6,08	73,17
		1460	4,069	67,37	5,62	6,07	92,50
0.45	куб	1450	4,086	68,24	5,04	6,15	81,98
		1460	4,095	68,68	5,35	6,10	86,93

Хорошо видно, что повышение $T_{\text{сп}}$ на 10 К приводит к росту плотности исследуемых керамик. Наблюдается закономерность между изменением концентрации x и плотностью, что, по всей видимости, связано с наличием структурных неоднородностей и областей морфотропных фазовых переходов, о которых сообщают авторы [4]. Наличие структурных неоднородностей также подтверждается данными рентгеноструктурного анализа, присутствием сателлитов второго порядка у оснований дифракционных максимумов и синусоидальной модуляции дифракционного пика 220, обнаруженной для обеих групп образцов.

Заключение. В работе показана возможность получения беспримесных ТР методом двухстадийного твердофазного синтеза при

$T_{\text{сп}}=1450$ °С и $T_{\text{сп}}=1460$ °С, при этом наилучшие результаты были достигнуты при $T_{\text{сп}}=1460$ °С. Установлено влияние термодинамической предыстории на фазообразование и структурные характеристики керамики в диапазоне концентраций $x=0, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.45$. Показано, что при концентрации $x=0.15, 0.25, 0.45$ происходит возрастание экспериментальных плотностей ТР, а при промежуточных концентрациях $x=0.1, 0.2, 0.3$ плотность ТР значительно падает, что подтверждает предположение о наличии нескольких морфотропных областей, с одинаковой макроскопической симметрией. Полученные данные целесообразно использовать для оптимизации процессов производства бессвинцовой керамики на основе $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$, в том числе, для поиска более низкой $T_{\text{сп}}$, обеспечивающей оптимизацию свойств.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Государственное задание в сфере научной деятельности научный проект № 0852-2020-0032)/(БА30110/20-3-07ИФ) под руководством директора НИИ физики ЮФУ, д.ф.-м.н, Вербенко И.А. ЦКП НИИ физики ЮФУ.

Список литературы

1. Patel S., Novak N. The pyroelectric energy harvesting and storage performance around the ferroelectric/antiferroelectric transition in PNZST // *Mater. Sci.* – 2021. – 56, – pp.1133-1146 DOI: 10.1007/s10853-020-05353-4.
2. Fan P., Zhang Shan-Tao, Xu J., Zang J., Samart C., Zhang T., Tan H., Salamon D., Zhang H., Liu G. Relaxor/antiferroelectric composites: a solution to achieve high energy storage performance in lead-free dielectric ceramics // *J. Mater. Chem. C*, – 2020, – 8, – 5681 DOI: 10.1039/d0tc00589d.
3. Cheng H., Ouyang J., Zhang Y.-X., Ascienzo D., Li Y., Zhao Y.-Y., Ren Y. Demonstration of ultra-high recyclable energy densities in domain-engineered ferroelectric films // *Nature communications*. –2017. –18:1999 DOI: 10.1038/s41467-017-02040-y
4. Petzelt J., Bovtun V., Nuzhnyy D., Kempa M., Savinov M., Paściak M., Kamba S., Canu G., Buscaglia V. Broadband Dielectric, Terahertz, and Infrared Spectroscopy of BaTiO_3 – BaZrO_3 Solid Solution: From Proper Ferroelectric over Diffuse and Relaxor Ferroelectrics and Dipolar Glass to Normal Dielectric // *Phys. Status Solidi B*. –2021. –258. 2100259 (1–15) DOI: 10.1002/pssb.202100259

Радиофизика и инфокоммуникационные технологии

УДК 004.7

СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ КАНАЛОВ СВЯЗИ

Андрян И.В., Шиловский М.Р.

ПИ (филиал) ДГТУ в. Таганроге «Политехнический институт (филиал) Донского государственного университета в городе Таганроге», г. Таганрог, РФ
andriyaniv@yandex.ru

Введение. С годами функция защита активов компаний становится все более и более важной. Кажется, всего несколько лет назад наличие брандмауэра, антивирусного ПО было достаточным для обеспечения безопасности компаний. Сегодня это уже не так, каждая компания нуждается в многоуровневой безопасности своих каналов связи. Глубокая защита относится к нескольким уровням защиты компании. Компаниям нужен человеческий, физический и логический механизмы защиты в дополнение к технологиям безопасности.

Каналы связи в компании дают сотрудникам возможность взаимодействовать и общаться так, как никогда раньше. Это делает компании более продуктивными и действенными. Эти методы связи требуют постоянного контроля безопасности для обеспечения надежности внутренней связи. Эти каналы связи хранят большое количество конфиденциальной информации. Один нарушенный канал может иметь фатальные последствия для компании.

Основная часть. Глубокая защита, помогающая обезопасить эти каналы, может состоять из множества различных методов. Физическая безопасность помогает ограничить доступ в офисное здание. Каждый сотрудник должен иметь только физический доступ, необходимый для выполнения ее работы.

Безопасность программного обеспечения и приложений

Средства контроля безопасности программного обеспечения и приложений помогают защитить компании. Этот метод обеспечивает логическую безопасность в отношении методов аутентификации и доступа. Большая часть важной информации сегодня хранится в приложениях того или иного типа. Защитите эти приложения с помощью нескольких форм аутентификации. Это включает в себя разрешение на доступ к файлам и ролям, а также правильное размещение в сети.

Аппаратная безопасность

Аппаратная безопасность защищает данные компании, предоставляя такие решения, как шифрование. Зашифруйте свои жесткие диски, чтобы

предотвратить доступ к данным в случае их кражи. Аппаратное и программное шифрование может быть настроено для защиты передаваемых конфиденциальных данных по электронной почте, Интернету или FTP. Аппаратные средства, такие как сборщики SIEM, отслеживают сетевой трафик в режиме реального времени на предмет вредоносной активности.

Типы каналов связи

Эти типы тактики защиты могут быть применены совместно для защиты каналов связи. Различные командиры применяют эти типы тактики защиты вместе, чтобы обеспечить безопасные формы связи. Различные каналы связи обеспечивают компании различные преимущества и недостатки в зависимости от их использования. Каждый канал также нуждается в собственном дизайне решения для обеспечения безопасности. Это делается для защиты информации, содержащейся в канале.

Общение по Электронной Почте

Электронная почта является наиболее широко используемым каналом связи. Это также тот, который больше всего эксплуатируется. Большинство кибератак сегодня начинаются с мошенничества с электронной почтой. Защита этого канала крайне важна. Для обеспечения безопасности электронной почты компании необходимо сочетание систем зашифрованной электронной почты, DLP, фильтров для спама и обучения осведомленности пользователей.

Рабочая Телефонная Связь

Смартфоны и текстовые сообщения все чаще используются в компаниях. Компании выдают телефоны сотрудникам, которые будут иметь доступ к ресурсам компании. Компании также позволяют сотрудникам отправлять друг другу текстовые сообщения с помощью bSmartphones, и текстовые сообщения все чаще используются в компаниях в качестве канала связи. Компании выдают телефоны сотрудникам, которые будут иметь доступ к ресурсам компании. Компании также позволяют сотрудникам переписываться друг с другом в деловых целях. Сотрудники также виновны в отправке текстовых сообщений по личным причинам. Эти телефоны крайне важны для защиты, поскольку они мобильны и содержат так много информации о компании. Это выгодно для компании, потому что сотрудник может быть более продуктивным, имея свою электронную почту и приложения на ходу. Сотрудники действительно должны постоянно знать о своем устройстве. Украденный смартфон может стать немедленным нарушением для компании. Обучение пользователей в дополнение к политикам безопасности может защитить телефоны. У большинства компаний есть решение для управления мобильными устройствами (MDM) для управления телефонами. Это дает компании возможность удаленно стереть все данные с телефона, чтобы предотвратить кражу информации. MDM также позволяет применять политики безопасности на устройствах, такие как пароли на pin-кодах для открытия телефонов.

Общение в Социальных Сетях

Социальные сети становятся все более и более используемыми компаниями. Этот канал связи отлично подходит для охвата клиентов или потенциальных клиентов. Вы можете легко продавать продукцию этим группам, что способствует более быстрому росту компании. Это большое преимущество для компании, когда она может выйти на свой рынок всего за несколько кликов. Недостатком является то, что социальные сети, вероятно, являются самой взломанной платформой из существующих. В случае взлома платформа социальных сетей или учетная запись сотрудника могут нанести ущерб вашей клиентской базе. Они могли получать ложные сообщения с учетной записи сотрудника, чтобы взломать их учетную запись. Это вирус-червь новой эры. При неправильном использовании это может быстро испортить репутацию компании в социальных сетях. Если вы требуете или разрешаете сотрудникам иметь учетные записи в социальных сетях компании, вы должны обучить их правильному использованию их учетной записи. Они должны иметь надежные пароли к этим учетным записям и публиковать только контент, связанный с компанией.

Заключение. Для обеспечения надлежащего контроля безопасности компаниям сегодня требуется глубокая защита. Владельцы и руководители компаний должны быть осведомлены о том, что требуется для надлежащей защиты данных и каналов связи. Большинство людей на этих должностях все еще придерживаются старого образа мышления. Они считают, что наличия брандмауэра и антивирусного программного обеспечения достаточно, но это не так. Кроме того, они нуждаются в надлежащем обучении, чтобы в месте хранения данных их компании в различных каналах связи. После идентификации эти каналы становятся более безопасными с использованием метода углубленной защиты.

Список литературы

1. Чефранова А. О. ViPNet Administrator: практикум. Учебно-методическое пособие / А. О. Чефранова, Ю. Ф. Алабина, Н. В. Грициенко, Е. Ю. Захаренко: Под ред. профессора А. О. Чефрановой. – 2013. – 200 с.
2. Гордейчик С. В. Безопасность беспроводных сетей / С. В. Гордейчик, В. В. Дубровин. – 2008. – 288 с.
3. Бузов Г. А. Выявление специальных технических средств несанкционированного получения информации / Г. А. Бузов. – 2019. – 204 с.
4. Шелухин О. И. Безопасность сетевых приложений / О. И. Шелухин, А. В. Осин: Под редакцией доктора техн. наук О. И. Шелухина. – 2021. – 224 с.

АТАКИ НА JWT ТОКЕНЫ

Бабичева М.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
m.babicheva@donnu.ru

Постановка задачи. Для лабораторного практикума по дисциплине «Анализ безопасности web-приложений» необходимо разработать демонстрационное приложение с аутентификацией пользователя по JWT токенам, уязвимое к атакам, позволяющим получить доступ к аккаунтам пользователей. Разработать сценарии атак и методы предотвращения их.

Атаки на JWT. Токен может содержать конфиденциальные данные, например, пароль, и если он не подписан (зашифрован), то любой может их прочитать, поскольку токен будет только закодирован в base64, подменить своими и затем опять закодировать [1]. Пример чтения JWT токена при помощи библиотеки Python jwt представлен на рисунке 1.

```
input tokeneyJ0eXAiOiJKV1QiLCJhbGciOiJIUzI1NiJ9.eyJzZW5kZXIiOiJzdHVkZW50:  
p3dF8xc19jMDBsfSJ9.-9mYFOmrsRpemPSSB1WoqIaqknCoU7_2M6fC-OxnrSw  
{'sender': 'student', 'message': 'DonnuCTF{jwt_ls_c001}'}
```

Рис. 1. Чтение JWT токена

Большинство JWT библиотек позволяют принимать значение «none» в заголовке, в поле «alg». Хакеры могут подменять алгоритм на «none», чтобы сервер не проверял подпись JWT. В основном используются 2 алгоритма для подписания JWT, симметричный (HS256 это комбинация двух алгоритма хеширования, а именно, HMAC и SHA256) и асимметричный (RSA). Если ключ недостаточно сложен, а он зачастую является паролем для аутентификации, то злоумышленник легко взломать его, например, при помощи hashcat [2].

Злоумышленник может изменить алгоритм подписи с асимметричного RS256 (который содержит закрытый ключ в качестве секретного ключа для создания подписи и открытый ключ для проверки подписи), на HS256 (симметричный алгоритм), где общедоступный открытый ключ может быть использован в качестве секретного ключа для создания и проверки подписи. Все манипуляции легко проводятся при помощи прокси Burp Suite (рис. 2).

В тех случаях, когда открытый ключ недоступен, все равно можно совершить подмену, извлекая ключ из пары существующих JWT. Этот процесс можно осуществить с использованием таких инструментов, как jwt_forgery.py [3].



Рис. 2. Подмена алгоритма подписи в перехваченном пакете с помощью расширения JWT Editor для Burp Suite

Разработка приложения. Приложение было разработано на языке PHP -7.1x64 и развернуто на сервере Apache 2.4. Приложение имитирует блог участников ctf-движения 2047 года и имеет возможность аутентификации по JWT токену (рис. 3).

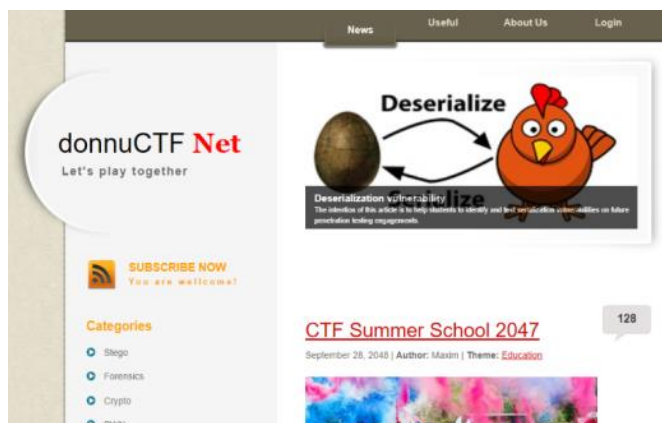


Рис. 3. Приложение имитирует блог участников ctf-движения в ДоННУ

Для тестирования на уязвимость к атакам были сделаны 9 точек аутентификации с 9-ю различными уязвимостями.

Разработка сценариев атак. Для доказательства реализации уязвимости необходимо авторизоваться на сайте как админ, то есть подменить свой токен, токеном учетной записи «администратор» и пользуясь его правами удалить один из зарегистрированных в приложении аккаунтов студентов. Разработаны сценарии следующих атак на JWT токены:

1. Обход аутентификации JWT с помощью непроверенной подписи.
2. Обход аутентификации JWT в случае приема неподписанных токенов.
3. Обход аутентификации JWT с помощью перебора слабого секретного ключа подписи.
4. Внедрение параметров заголовка JWT (jwk, jku и kid).
5. Подмена алгоритма JWT и обход аутентификации JWT подменой алгоритмов.

6. Получение открытых ключей из существующих токенов и обход аутентификации JWT за счет подмены алгоритма без открытого ключа.

Методы защиты. В ходе лабораторной работы студенту предлагается разработать собственное приложение для JWT аутентификации в котором для защиты от рассмотренных атак, нужно предпринять следующие меры:

1. Правильно реализовать создание JWT, не используя сторонних библиотек, для лучшего понимания уязвимостей токена.

2. Выполнить проверку подписи, учитывая JWT, подписанные с использованием странных алгоритмов.

3. Ввести строгий белый список разрешенных хостов для заголовка `Host`.

4. Убедиться, что приложение не уязвимо для обхода пути или внедрения инъекции через параметр заголовка `Host`.

5. Установить дату истечения срока действия для токенов, которые выпускаются.

6. Избежать отправки токенов в параметрах URL.

7. Включить специальное поле `aud` (или подобное), чтобы указать предполагаемого получателя токена.

8. Разрешить серверу-эмитенту отзываться токены (например, при выходе из системы).

Заключение. Для внедрения в учебный процесс разработано демонстрационное приложение с аутентификацией пользователя по JWT токенам, уязвимое к 9 атакам, сценарии атак и методы предотвращения их. В ходе лабораторных работ студенты смогут на практике убедиться в опасностях, к которым приводит некорректное использование данной технологии.

Список литературы

1. Koretskyi M. A plain English introduction to JSON web tokens (JWT): what it is and what it isn't / M. Koretskyi, Jun 26, 2018. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medium.com/ag-grid/a-plain-english-introduction-to-json-web-tokens-jwt-what-it-is-and-what-it-isnt-8076ca679843>, свободный.
2. Бетелин А. Б. О некоторых особенностях jwt аутентификации в веб-приложениях / А. Б. Бетелин, И. Б. Егорычев, А. А. Прилипко, Г. А. Прилипко, С. Г. Романюк, Д. В. Самборский // Труды научно-исследовательского института системных исследований российской академии наук. – Т. 11, №1. – 2021. – С. 4-10.
3. Mahindraka P. Insights of JSON Web Token / P. Mahindrakar, U. Pujeri // International International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, V. 8 Issue 6, March 2020. – P. 1707-17010.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СБОРА, ОБРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Глинин Е.В., Истратова Е.Е., канд. техн. наук
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»,
г. Новосибирск, РФ
istratova@mail.ru

Введение. Современные разработки как в области информационных технологий, так и в сфере материаловедения и инженерии предлагают значительные улучшения в области безопасности, надежности, производительности и экономичности систем подачи электроэнергии [1]. В литературных источниках приводятся примеры различных решений для повышения эффективности данных систем, одним из основных элементов которых являются опоры высоковольтных линий.

В процессе эксплуатации опоры воздушной линии электропередачи подвергаются различного рода нагрузкам и деформациям, которые могут привести не только к выходу из строя одного элемента системы, но и к остановке ее работы в целом. Так, в статье [2] обсуждаются причины деформации опор высоковольтных линий, расположенных на оползневых склонах. В литературном источнике [3] приведена методика расчета напряженно-деформированного состояния опор высоковольтных линий электропередачи. Для профилактики состояния опор необходимо осуществлять регулярный мониторинг их ключевых характеристик. Наиболее показательными критериями при выявлении типовых эксплуатационных дефектов опор воздушных линий электропередачи являются полученные значения динамических характеристик [4,5]. Причем под динамическими характеристиками опор, полученных на основе натурных испытаний, понимаются спектры частот собственных колебаний, интенсивности сигнала для каждой частоты и значения декрементов колебаний.

Таким образом, осуществление сбора и хранения динамических характеристик опор воздушной линии электропередачи является актуальной задачей, позволяющей оценивать изменение состояния данных конструкций с течением времени.

Основная часть. Цель работы заключалась в проектировании программного обеспечения для автоматизации процессов сбора, обработки и хранения динамических характеристик опор воздушных линий электропередачи для оценки их технического состояния в процессе эксплуатации.

Для реализации указанной цели были решены задачи по разработке базы данных и проектированию интерфейса программного обеспечения. Готовый программный продукт может быть использован в учебных и

научно-исследовательских целях для выполнения инженерных расчетов, в строительстве при проектировании зданий и сооружений, а также в промышленности для анализа экспериментальных данных о техническом состоянии конструкций на основе изменения их динамических характеристик с течением времени.

Структура базы данных включает в себя восемь таблиц, необходимых для хранения как самих динамических характеристик, так и для сбора данных об осуществляемом эксперименте (дата, номер, информация о сотрудниках). Интерфейс программного обеспечения включает две основные формы для ввода экспериментальных данных и для вывода результатов в табличном и графическом виде. Процесс обработки экспериментальных данных включает три ключевых этапа и начинается с ввода данных в исходную форму программы, далее следуют процессы, связанные со статистической обработкой данных и выводом результатов, который производится в виде таблиц и графиков.

Для тестирования разработанного программного обеспечения было проведено исследование по определению спектров частот собственных колебаний опор воздушных линий электропередачи. Для собранных данных по 112 опорам были рассчитаны статистические показатели, проведен анализ и построены графики зависимости спектров частот собственных колебаний опор от их обхвата. Определение спектров собственных колебаний опор было проведено на основе результатов записи относительных перемещений датчика, который устанавливался на высоте 140 сантиметров от уровня грунта. Время записи показаний с датчиков составляло от одной до двух минут для каждого теста. При этом было выполнено по три записи без снятия датчиков для каждой из исследуемых опор.

В процессе тестирования технического состояния опор контактной сети линии городского электрифицированного транспорта были измерены значения спектров частот собственных колебаний, интенсивности сигнала для каждой частоты и значения декрементов колебаний. Для каждой записи возможно экспортировать до пяти первых по интенсивности частот собственных колебаний.

В ходе исследования были изучены зависимости между обхватом опор воздушных линий электропередачи и экспериментально полученными значениями не только спектров частот собственных колебаний, но и показателями интенсивности сигнала для каждой из частот. Для всех исследуемых опор были проведены измерения, в результате которых были получены значения сводных спектров частот собственных колебаний опор для пяти частот в порядке убывания их интенсивности. Согласно полученным данным, для каждого спектра частот свойственна одна и та же зависимость, характеризующаяся ростом значений спектров частот собственных колебаний опор при увеличении их обхвата. При этом на графиках можно выделить два участка, на которых наиболее четко прослеживается зависимость между исследуемыми величинами спектров

частот и группами конструкций, близких по обхвату. Так, наблюдается схожесть значений спектров частот собственных колебаний опор для конструкций, относящихся к первой группе и имеющих обхваты в 88 см и 96 см, как и ко второй группе, имеющей обхваты в 104 см и 136 см. В первом случае разброс величин спектров частот собственных колебаний опор составляет 0,567 Гц, тогда как во втором случае это значение равно 0,575 Гц. Это позволяет сделать выводы о схожести технических характеристик опор, близких по величине обхвата.

Заключение. Таким образом, детальное изучение динамических характеристик опор воздушных линий электропередачи позволило сделать следующие выводы об изменении технического состояния опор с течением времени. Во-первых, спектры частот собственных колебаний опор прямо пропорционально связаны с величиной обхвата опор и увеличиваются при повышении значения обхвата конструкции. Во-вторых, интенсивности частотного сигнала опор обратно пропорционально связаны с величиной обхвата опор и уменьшаются при повышении значения обхвата конструкции. В-третьих, по изменениям значений спектров частот собственных колебаний опор можно выделить две группы конструкций, близких по обхвату и обладающих схожими техническими характеристиками, что позволяет сделать выводы о их взаимозаменяемости.

Список литературы

1. Amin M., Stringer J. The Electric Power Grid: Today and Tomorrow. *MRS Bulletin* 33, 399–407 (2018). <https://doi.org/10.1557/mrs2018.80>.
2. Matsii S.I., Bezuglova E.V., Eshchenko O.Y. Selection of foundation type for supports of overhead power lines on slide-prone slopes. *Soil Mech Found Eng* 47, 241–245 (2021). <https://doi.org/10.1007/s111204-011-9116-x>.
3. Гаранжа И. М., Анализ напряженно-деформированного состояния анкерно-угловой двухцепной опоры воздушной линии электропередачи 110 кВ / И. М. Гаранжа, А. В. Танасогло // Вестник ТГАСУ. – 2018. – № 4. – С. 74-85.
4. Кожевников А. Н. Экспресс-оценка работоспособности опор воздушных линий электропередачи по динамическим параметрам / А. Н. Кожевников // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2021. – № S3 (22). – С. 27-29.
5. Бурнышева Т. В. Методика оценки технического состояния опор воздушных линий электропередачи с учетом типовых эксплуатационных дефектов / Т. В. Бурнышева, А. Н. Кожевников // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2021. – № 2 (110). – С. 2-13.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН ПОСРЕДСТВОМ АСНИ

Данилов В.В., д-р техн. наук, проф., *Третьяков И.А.*, канд. техн. наук
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
ut5iv@mail.ru

Введение. Среди существующих методов измерения параметров поверхностных акустических волн (ПАВ), благодаря своей универсальности, высокой чувствительности и относительной простоте – оптические являются наиболее перспективными. Вместе с тем, по многочисленности обрабатываемых экспериментальных данных параметров и аналитических вычислений они трудно реализуемы без создания автоматизированных систем научных исследований (АСНИ) параметров ПАВ. Примеры применения автоматизированных систем экспериментальных данных научных исследований рассмотрены в работах [1-3]. Автоматизированная система научных исследований параметров поверхностных акустических волн (АСНИ ППАВ) основана на доработке структуры [4], основанной на оптических методах. В данной работе рассмотрим реализацию элемента АСНИ ППАВ на основе метода прямого зондирования и интерферометрии Фабри-Перо.

Метод прямого зондирования. Метод исключает опорный канал. Изначально измеряется постоянная составляющая тока в нагрузке фотодетектора, который пропорционален дифракционной эффективности в ± 1 -м порядке. При этом дифракционные порядки должны быть разнесенными в пространстве, а постоянная времени фотоприемника и электронной аппаратуры должна отвечать условию $\tau_{\phi} \gg 1/\Omega$. Методом прямого зондирования невозможно измерить мощность ПАВ в режиме стоячих волн. Минимальная амплитуда ПАВ, будет порядка 0,14 нм. С целью увеличения чувствительности и уменьшения влияния паразитных засветок впоследствии напряжение возбуждения встречно-штыревого преобразователя модулировали импульсами прямоугольной формы, что приводит к модуляции света, диафрагмировавшего на ПАВ.

Структура подсистемы АСНИ ППАВ на основе метода прямого зондирования приведена на рис. 1. Амплитуда ПАВ определялась с погрешностью, не превышающей 5 %, чему способствует применение калиброванного оптического аттенюатора. Исследуемый образец устанавливается на координатном столике, обеспечивающем микрометрические перемещения по двум осям относительно светового пучка.

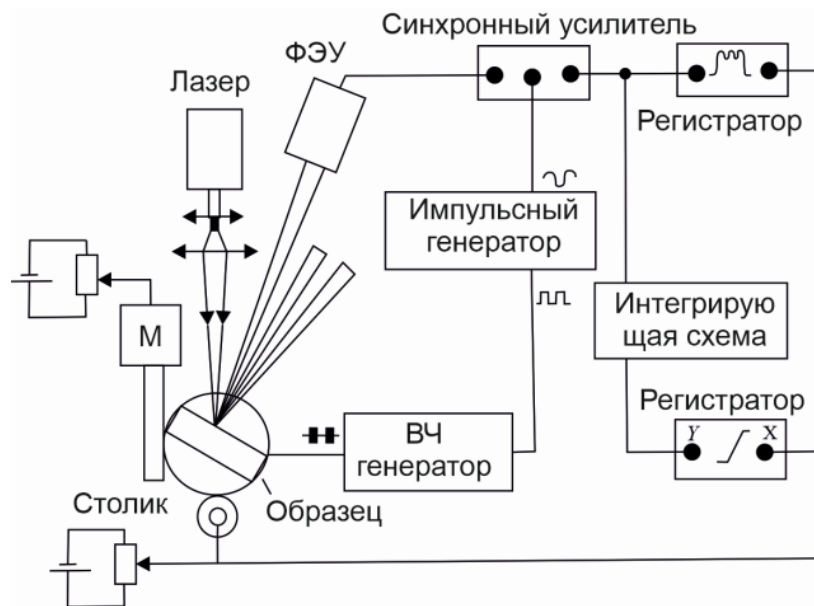


Рис. 1. Структура подсистемы АСНИ ППАВ на основе метода прямого зондирования

Интерферометрия Фабри-Перо. Метод предполагает также отсутствие опорного канала. В качестве вспомогательного устройства в сигнальном канале используется интерферометр Фабри-Перо (рис. 2), который позволяет с высоким разрешением выделять необходимый спектральный компонент с частотой $\omega_0 + \Omega$ или $\omega_0 - \Omega$ в присутствии сильной спектральной линии с частотой ω_0 . Одно из зеркал интерферометра монтируется на пьезоэлектрической пластине, которой обеспечивается прецизионное перемещение зеркала при подаче пилообразного напряжения.

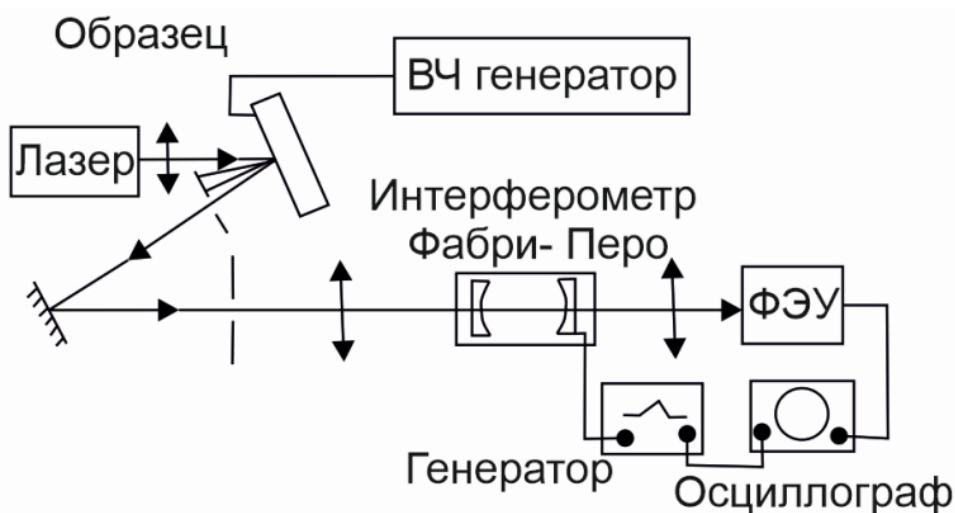


Рис. 2. Структура подсистемы АСНИ ППАВ интерферометрии Фабри-Перо

Прием позволяет сканирование по частоте. Прошедший через интерферометр свет детектируется методом прямого зондирования. Высокое разрешение и чувствительность ($\sim 10^{-4}$ нм), присущие спектроскопии Фабри-Перо, делают этот метод незаменимым при зондировании ПАВ под встречно-штыревыми преобразователями, исследовании отраженных ПАВ и измерении коэффициента стоячей волны, который для некоторой точки $x_1 = L$ может быть определен из соотношения интенсивностей:

$$I_{\pm 1}(\omega_0 \pm \Omega) / I_{\pm 1}(\omega_0 \mp \Omega) = R_1^2 \exp[-2\beta(L - x_1)],$$

где β – коэффициент затухания ПАВ.

Заключение. Показана возможность реализации специализированных автоматизированных систем научных исследований параметров устройств на поверхностных акустических волнах. Приведены следующие методы и структурные схемы оптического зондирования. Метод зондирования ПАВ с использованием интерферометра Фабри-Перо отличается широкой полосой рабочих частот, однако, ограничен невозможностью измерения фазы.

Список литературы

1. Тимченко В. И. Технические и алгоритмические решения для разработки автоматизированной системы измерения параметров упругих колебаний / В. И. Тимченко, В. В. Данилов, И. А. Третьяков // Дефектоскопист – 2021: сборник трудов по неразрушающему контролю / под общ. ред. проф. А. Л. Сотникова. – Донецк: Технопарк «Университетские технологии», 2021. – С. 61-63. EDN: GWRHNW
2. Данилов В. В. Измерение параметров устройств на поверхностных акустических волнах / В. В. Данилов, В. И. Тимченко // 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. – С. 158-161.
3. Данилов В. В. Автоматизированные системы научных исследований параметров устройств на поверхностных акустических волнах / В. В. Данилов, В. И. Тимченко // Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы VI Международной научной конференции (Донецк, 26-27 октября 2021 г.). – Том 2: Физические и технические науки / под общей редакцией проф. С. В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2021. – С. 181-183. EDN: VJASAZ
4. Яновский А. В. Структуры автоматизированных систем научных исследований параметров поверхностных акустических волн / А. В. Яновский, И. А. Третьяков, В. В. Данилов // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. – 2021. – № 4. – С. 46-53. EDN: FOBKIO

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СЕТЕВОГО ТРАФИКА

Истратова Е.Е., канд. техн. наук, *Бартулей Е.Ю.*

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»,

г. Новосибирск, РФ

istratova@mail.ru

Введение. Эффективность компании напрямую зависит от эффективности работы ее корпоративной сети, которая позволяет сделать ее работу рациональной за счет обеспечения совместного доступа к различным используемым в компании серверным программам, ресурсам и оборудованию, а также за счет ускорения обмена информацией и данными между сотрудниками. Для учета и планирования роста сетевого трафика, анализа характеристик сетевого подключения целесообразно использовать специальные средства его мониторинга.

Таким образом, целью исследования являлся сравнительный анализ программ для мониторинга характеристик трафика в корпоративной компьютерной сети.

Основная часть. Для реализации указанной цели были решены задачи, связанные с изучением рынка существующих программных продуктов для мониторинга сетевого трафика; с определением ключевых показателей качества сетевого трафика; с проведением сравнения наиболее распространенных программных решений, применяемых для мониторинга сетевого трафика, относительно рассмотренных характеристик сетевого подключения.

Так как программное обеспечение для исследования сетевого трафика существенно различается по функционалу, то целесообразно предварительно провести его классификацию.

По функциональному назначению программное обеспечение для исследования трафика в корпоративных компьютерных сетях можно разделить на следующие три группы: программное обеспечение для сбора характеристик сетевого трафика; программное обеспечение для мониторинга сетевого трафика; программное обеспечение для анализа сетевого трафика.

Наиболее распространенными программными продуктами, относящимися ко второй группе, являются следующие: Cacti, Icinga, Zabbix, Observium [1]. Для проведения сравнительного анализа программных решений были изучены характеристики указанных программных решений, выявлены ключевые преимущества и недостатки как для каждой программы, так и общие, определяющие класс данного программного обеспечения.

Zabbix представляет собой инструмент для мониторинга сети, что объясняется соединением на его основе нескольких различных функций. Чаще всего, данный программный продукт используется вместе с другими программными агентами, применяемыми в составе контролируемых информационных систем. Zabbix поддерживает инструменты виртуализации, что позволяет осуществлять мониторинг серверов приложений, веб-сервисов и баз данных [2]. К основным преимуществам данной программы относятся следующие: открытый исходный код; возможность мониторинга веб-серверов; кроссплатформенность. В качестве основного недостатка можно выделить избыточную сложность и, связанную с ней, небольшую скорость работы.

Observium – это вторая по популярности программа, применяемая для мониторинга как серверов и баз данных, так и работы сетевого оборудования. Отличительная особенность программного продукта заключается в установке ее в качестве отдельного сервера с выделенным URL-адресом [3]. Ключевыми достоинствами данной программы являются ее кроссплатформенность и наличие открытого исходного кода, что обеспечивает возможность адаптировать программное обеспечение под потребности конкретной компьютерной сети. Основным недостатком является сложность монтажа и настройки этого решения.

Программный продукт Cacti представляет собой инструмент для сбора, обработки и анализа таких характеристик сетевого трафика, как: время загрузки процессора, данные о его температуре. Cacti имеет открытый исходный код, обладает возможностями графического представления сети, что позволяет его использовать для построения графиков на основе собираемых статистических данных [4]. К преимуществам программного продукта относятся следующие: открытый исходный код и наличие шаблонов для проведения мониторинга сети. Ключевыми недостатками являются не только сложность работы с графическим интерфейсом, но и недостаточная визуализация собираемых данных.

Icinga представляет собой достаточно новый программный продукт с высокой производительностью. Главным отличием данного инструмента является его конфигурация, которая может управляться без использования командной строки. Также в Icinga предусмотрены функции для сбора отчетности [5]. Преимуществами Icinga являются следующие: кроссплатформенность; открытый исходный код; наличие графического интерфейса. В качестве основного недостатка можно выделить низкую производительность программного обеспечения, что сильно ограничивает его использование уже в средней по масштабу корпоративной компьютерной сети.

Исходя из результатов проведенного исследования характеристик программного обеспечения для мониторинга сетевого трафика, были выявлены общие преимущества и недостатки, связанные с данной группой программ. Основными достоинствами, обеспечивающими широкое

распространение и активное использование, являются кроссплатформенность и наличие открытого исходного кода. К сдерживающим факторам развития данной категории программного обеспечения можно отнести сложность работы с графическим интерфейсом и, связанные с ней, слабые возможности визуализации собираемых и обрабатываемых данных о состоянии корпоративной компьютерной сети.

На основе проведенного литературного обзора различных программ были выявлены основные показатели сетевого трафика, оказывающие влияние на качество подключения в корпоративной сети предприятия. К ним относятся следующие характеристики: тип трафика (Т); количество подключений (N); объем трафика (V). Сравнительный анализ был проведен для программного обеспечения по данным критериям.

Заключение. В результате проведенного сравнительного анализа указанных программных продуктов можно выделить программу для анализа сетевого трафика Zabbix, которая отличается максимальным функционалом. Несмотря на это, указанный программный продукт из-за избыточной сложности не совсем рационально использовать для мониторинга трафика сетей небольших и средних предприятий. Программы Observium, Cacti, Icinga ориентированы на работу с небольшими сетями предприятий, но не обладают всем необходимым инструментарием для сбора необходимых характеристик сетевого трафика. Однако все рассматриваемые программы по своему функционалу могут быть применены для сбора ключевых характеристик сетевого подключения, то есть могут быть использованы при проведении исследования сетевого трафика в научных целях, либо в корпоративных компьютерных сетях.

Список литературы

1. Гладких А. М. Основные методы анализа сетевого трафика / А. М. Гладких // Вопросы науки и образования. – 2020. – №. 19 (103). – С. 27-44.
2. Zabbix. – Текст: электронный // Официальный сайт. – 2022. – URL: <https://www.zabbix.com/ru/> (дата обращения: 20.07.2022).
3. Observium. – Текст: электронный // Официальный сайт. – 2022. – URL: <https://www.observium.org/> (дата обращения: 20.07.2022).
4. Cacti. – Текст: электронный // Официальный сайт. – 2022. – URL: <https://www.cacti.net/> (дата обращения: 20.07.2022).
5. Icinga. – Текст : электронный // Официальный сайт. – 2022. – URL: <https://icinga.com/> (дата обращения: 20.07.2022).

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТЯХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Камалова Н.С., канд. физ.-мат. наук, доц.,

Матвеев Н.Н., д-р физ.-мат. наук, проф.,

Евсикова Н.Ю., канд. физ.-мат. наук, доц.,

Лисицын В.И., канд. физ.-мат. наук, доц.,

Внукова С.В., канд. физ.-мат. наук

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет

имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

meetvglu3@vglta.vrn.ru

За последние двадцать лет в прикладной физике вычислительный эксперимент стал играть важную роль. Влияние внешних факторов на микроструктуру кристаллов, полимеров и сложных композитов не обходится без исследований на компьютерных моделях [1, 2]. В технической сфере с помощью вычислительных экспериментов обосновывают параметры оптимизации установок или функциональных узлов [3].

Преимущества компьютерных экспериментов общеизвестны и широко обсуждаемы. К настоящему моменту разработан и постоянно развивается математический аппарат численной адаптации модельных функций к условиям исследований. Развитие цифровых технологий расширяет сферу их применимости. При этом в области рентабельности ситуация начала постепенно ухудшаться. Пакеты программ стремительно дорожают и стоимость серьезного вычислительного эксперимента уже начинает приближаться к затратам на стендовые испытания, которые более информативны в плане влияния внешних условий на характеристики процессов или технические параметры устройств. Поэтому, с нашей точки зрения, наступает время некоторого отрезвления и осознания того факта, что на настоящий момент необходимо разрабатывать системы исследований, в которых возможности вычислительного эксперимента гармонично сочетались бы с преимуществами стендовых испытаний.

Целью данной работы является демонстрация такой системы на примере анализа зависимости сопротивления терморезистора от температуры.

Испытания полупроводникового оксидного терморезистора проводились на стенде СЗ-ТТ02, с установленным в нем нагревателем, и термометром, показывающим термодинамическую температуру (T). В эксперименте кроме стенда (см. рисунок 1а) использовался измерительный блок, содержащий вольтметр и амперметр (V и A на схеме), и блок генератора тока (ГТ).

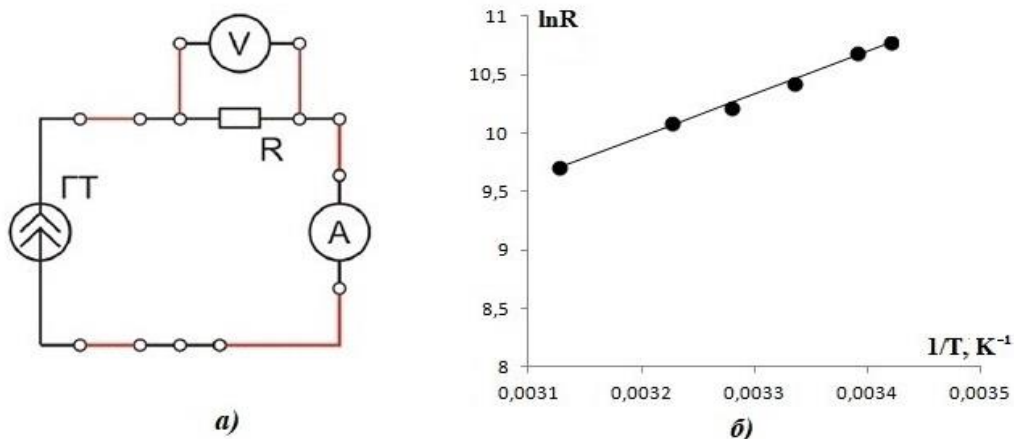


Рис. 1. Принципиальная схема установки (а) и результаты стендовых испытаний (б)

Сопротивление терморезистора в исследуемом диапазоне температур определялось согласно закону Ома для участка цепи:

$$R = \frac{U_V}{I_A}, \quad (1)$$

где U_V – показания вольтметра; I_A – показания амперметра.

Как известно, зависимость $\ln R = f(1/T)$ для терморезисторов является прямой, поэтому ее часто представляют в виде

$$\ln R = \ln R_0 + \frac{B}{T}, \quad (2)$$

где $R \rightarrow R_0$ при условии, что $T \rightarrow \infty$ (т.е. температура неограниченно возрастает); B – коэффициент температурной чувствительности, который определяется энергией активации полупроводника терморезистора.

По результатам испытаний с учетом соотношения (1) методом наименьших квадратов была построена прямая (см. рисунок 1б) и рассчитаны величины $R_0 = 0,19$ Ом и $B = 3634$ К, с помощью которых можно определить зависимость сопротивления терморезистора от температуры в любом диапазоне как

$$R = R_0 \exp\left(\frac{B}{T}\right). \quad (3)$$

Задачей вычислительного эксперимента являлось определение влияния уменьшения коэффициента температурной чувствительности, вызванное, например, флуктуациями энергии активации материала терморезистора, на относительное изменение величины его сопротивления ($\Delta R/R$). Рассчитанные с шагом 20 К в диапазоне температур 200–1000 К в модельном эксперименте температурные зависимости $\Delta R/R$ для коэффициентов B , отличающихся на 20 % и на 40 % от экспериментального соответственно приведены на рисунке 2. Было выявлено, что с уменьшением B отличие между соседними парами зависимостей $\Delta R/R = f(T)$ (Δ , %) спадает практически вдвое в диапазоне 200–600 К, а затем постоянно и составляет 22 % (см. рисунок 3).

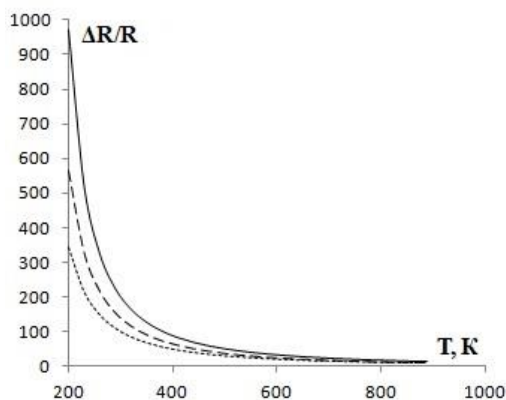


Рис. 2. Модельная зависимость $\Delta R/R$ от температуры для коэффициентов:
 $B = 3634$ К (сплошная линия);
 $B = 2907$ К (пунктирная линия);
 $B = 2180$ К (точечная линия)

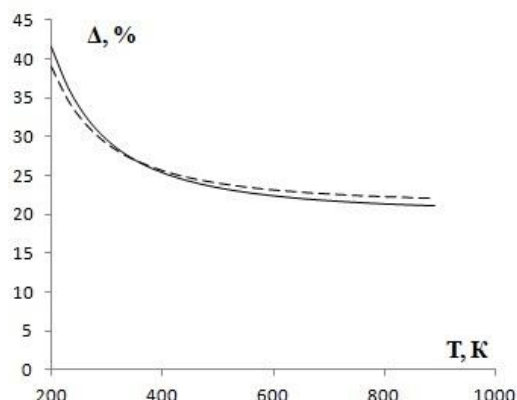


Рис. 3. Зависимость отлчия функции $\Delta R/R = f(T)$ от температуры для пар коэффициентов: $B = 3634$ К и $B = 2907$ К (сплошная линия); $B = 2907$ К и $B = 2180$ К (пунктирная линия)

В результате проведенных исследований можно уверенно предположить, что изменения энергии активации полупроводника терморезистора, вызванные какими-либо микроструктурными флуктуациями, существенно отразятся на величине его сопротивления, если будут составлять не менее 20% от своего первоначального значения. Кроме того, после $T = 600$ К с дальнейшим ростом температуры изменение относительного уменьшения термосопротивления вследствие снижения коэффициента температурной чувствительности стремится к постоянной величине.

Таким образом, сочетание стендовых испытаний и вычислительного эксперимента позволяет существенно расширить диапазон исследуемых температур и выявить степень влияния флуктуаций энергии активации материала терморезистора на величину его сопротивления.

Список литературы

1. Павлова Е. С. Математическое моделирование технических объектов / Е. С. Павлова // Карельский научный журнал. – 2014. – № 4. – С 176–178.
2. Зарубин В. С. Математическое моделирование в технике: учебник для вузов / В. С. Зарубин. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 496 с.
3. Евсиков Ф. Д. Применение формализованного моделирования сложных систем к прогнозированию пожаров / Ф. Д. Евсиков, Н. С. Камалова, В. И. Лисицын // Развитие идей Г. Ф. Морозова при переходе к устойчивому лесопроизводению: матер. Междунар. научн.-технич. юбилейной конф. (Воронеж, 20–21 апреля 2017 г.). – Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г. Ф. Морозова, 2017. – С. 27–30.

НЕМОНОТОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПРЕДЕЛА ТЕКУЧЕСТИ СПЛАВОВ ОТ ПЛОТНОСТИ ДИСЛОКАЦИЙ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ МОЩНЫМИ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ

Малашенко В.В.^{1,2}, д-р физ.-мат. наук, проф., *Малашенко Т.И.*³
¹ГБУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», Донецк, РФ
²ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», Донецк, РФ
³ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», Донецк, РФ
malashenko@donfti.ru

Введение. Развитие технологий лазерной обработки является одним из перспективных направлений материаловедения, поскольку позволяет целенаправленно воздействовать на различные функциональные материалы, улучшая их свойства, в том числе механические, такие как прочность, пластичность, предел текучести. Сплавы являются одним из важнейших видов функциональных материалов, широко используемым в различных отраслях промышленности. Воздействие лазерного излучения высокой мощности приводит к возникновению высокоскоростной пластической деформации, которая существенно отличается от квазистатической как температурными и скоростными зависимостями, так и зависимостями от характеристик и концентрации структурных дефектов [1-3]. Скорость пластической деформации $\dot{\epsilon}$ в условиях лазерного облучения может достигать значений $10^8 - 10^9 \text{ с}^{-1}$. Для теоретического анализа процессов, протекающих со столь большими скоростями, чаще всего используется метод молекулярной динамики, позволяющий визуализировать многие детали высокоскоростной деформации. Однако такой метод не позволяет получать аналитические зависимости механических характеристик сплава. Такие зависимости в целом ряде случаев удаётся получить в рамках развитой нами теории динамического взаимодействия дефектов (ДВД) [4-6].

Целью настоящей работы является получение аналитической зависимости динамического предела текучести двухкомпонентного сплава от плотности дислокаций при его облучении мощными лазерными импульсами.

Основная часть. Поставленная задача решается в рамках теории ДВД, являющейся модифицированной теорией Гранато-Люкке. Дислокация рассматривается как упругая струна, совершающая колебания в подвижной потенциальной яме, перемещающейся по кристаллу вместе с дислокацией. Такая яма может возникать в результате коллективного взаимодействия каждой движущейся дислокации с точечными дефектами или другими дислокациями ансамбля, а также при взаимодействии с поверхностью либо магнитной подсистемой кристалла.

Как известно, в случае квазистатической деформации зависимость предела текучести от плотности дислокаций определяется соотношением Тейлора, согласно которому предел текучести кристаллических металлов и сплавов пропорционален квадратному корню из плотности дислокаций

$$\tau_T = \alpha \mu b \sqrt{\rho}, \quad (1)$$

где μ – модуль сдвига, ρ – плотность дислокаций, α – безразмерный коэффициент порядка единицы, b – модуль вектора Бюргерса дислокации. Как будет показано в настоящей работе, в случае высокоскоростной деформации, инициированной лазерным излучением высокой мощности, соотношение Тейлора может нарушаться. Динамический предел текучести кристалла, согласно ДВД, будем вычислять во втором порядке теории возмущений, считая малыми поперечные колебания дислокации в плоскости скольжения, которые описываются функцией $w(z, t)$

$$\tau = \left\langle \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial X} w \right\rangle = \left\langle \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial X} G \sigma_{xy} \right\rangle, \quad (2)$$

где σ_{xy} – компонента тензора напряжений, создаваемых структурными дефектами, G – функция Грина уравнения движения дислокации. Фурье-образ этой функции имеет вид

$$G(\omega, q) = \frac{1}{\omega^2 + i\beta\omega - c^2 q^2}; \quad \beta = \frac{B}{m}. \quad (3)$$

Здесь B – константа демпфирования, обусловленная фононными, магннными, электронными либо иными механизмами диссипации, характеризующимися линейной зависимостью силы торможения дислокации от скорости ее скольжения, c – скорость распространения поперечных звуковых волн в кристалле. Выполняя необходимые преобразования, получим выражение для вклада различных структурных дефектов в динамический предел текучести в следующем виде

$$\tau = \frac{nb}{8\pi^2 m} \int d^3 q |q_x| \cdot |\sigma_{xy}(\mathbf{q})|^2 \delta(q_x^2 v^2 - \omega^2(q_z)), \quad (4)$$

где $\omega(q_z)$ – спектр дислокационных колебаний, n – объемная концентрация структурных дефектов, $\sigma_{xy}(\mathbf{q})$ – Фурье-образ соответствующей компоненты тензора напряжений, создаваемых дефектом.

Рассмотрим случай, когда коллективное взаимодействие атомов легирующей примеси с дислокациями вносит главный вклад в силу динамического торможения, а при формировании спектральной щели доминирующим является коллективное взаимодействие дислокаций между собой. Такая ситуация может быть реализована при высокой плотности дислокаций и высокой скорости пластической деформации: $\rho = 10^{15} - 10^{16} \text{ м}^{-2}$, $\dot{\varepsilon} = 10^8 - 10^9 \text{ с}^{-1}$. В этом случае щель в спектре дислокационных колебаний описывается следующим выражением

$$\Delta = \Delta_{dis} = b \sqrt{\frac{\rho M}{m}} = c \sqrt{\frac{2\rho}{\ln(D/l_{dis})}} \approx c \sqrt{\rho}; \quad M = \frac{\mu}{2\pi(1-\gamma)}, \quad (5)$$

где γ – коэффициент Пуассона, l_{dis} – средняя длина дислокации, D – величина порядка размеров кристалла. Зависимость динамического предела текучести от плотности дислокаций в анализируемом нами случае становится немонотонной и имеет минимум

$$\tau = \mu \frac{n_d \chi^2}{(\rho b^2)^2} \left(\frac{\dot{\epsilon} b}{c} \right) + \alpha \mu b \sqrt{\rho}. \quad (6)$$

Значение плотности дислокаций, соответствующее минимуму динамического предела текучести, при этом определяется выражением

$$\rho_{min} = \left(\frac{4n_d \chi^2 \dot{\epsilon}}{\alpha b^4 c} \right)^{\frac{2}{5}}. \quad (7)$$

Заключение. Анализ неупругих процессов в сплавах, подвергнутых мощному лазерному облучению, показывает, что коллективные динамические эффекты приводят к нарушению соотношения Тейлора. Это значит, что при анализе лазерной обработки сплавов необходимо учитывать влияние динамических эффектов и немонотонный характер зависимости механических свойств от плотности дислокаций.

Список литературы

1. Singla A. Hugoniot Elastic Limit of Single-Crystal Tantalum at Normal and Elevated Temperatures Subjected to Extreme Strain Rates / A. Singla, A. Ray // *Physical Review B*. – 2022. – V. 105. – P. 064102-064107. DOI: 10.1103/PhysRevB.105.064102.
2. Daniel N. Dislocation drag and its influence on elastic precursor decay / N. Daniel, Blaschke, J. Darby, Luscher // *International Journal of Plasticity*. – 2021. – V. 144. – P. 103030. DOI:10.1016/j.ijplas.2021.103030.
3. Kanel G.I. Effects of temperature and strain on the resistance to high-rate deformation of copper in shock waves / G.I. Kanel, A.S. Savinykh, G.V. Garkushin, S.V. Razorenov // *Journal of Applied Physics*. – 2020. – V. 128. – I. 11. – P. 115901-1-115901-8. DOI: 10.1063/5.0021212.
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. – V. 62. – № 10. – P. 1886–1888. DOI: 10.1134/S1063783420100200.
5. Malashenko V. V. The Influence of Collective Effects on the Concentration Dependence of the Yield Stress of Alloys under High-Energy Impacts / V. V. Malashenko // *Technical Physics Letters*. – 2020. – V. 46. – № 9. – P. 925–927. DOI: 10.1134/S1063785020090242.
6. Малашенко В. В. Влияние водорода на механические свойства металлов в условиях высокоскоростной деформации // В. В. Малашенко. – 2022. – Т. 64. – № 11. – С. 1804-1806. DOI: 10.21883/FTT.2022.11.53337.416.

МОДЕЛЬ ДЕЙСТВИЙ ЗЛОУМЫШЛЕННИКА ПРИ АТАКЕ НА СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЬЮ СИНХРОНИЗАЦИИ

Опарина Е.В., канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I» (ПГУПС), г. Санкт-Петербург, РФ
sirayaekaterina@mail.ru

В данной статье представлена модель действий организованного злоумышленника при атаке на систему управления (СУ) сетью синхронизации, которая реализует угрозу перестроения структуры сети синхронизации и маршрутов доставки синхросигналов, а также служит основой для оценки вероятностно-временных характеристик защищенности СУ сетью синхронизации на этапе реализации атаки.

Современные информационные системы с учетом применяемых информационных технологий в своей работе опираются на телекоммуникационные системы (ТКС). Одной из ключевых подсистем ТКС, обеспечивающих ее функционирование, является сеть синхронизации [1].

Современные сети синхронизации являются сложными гетерогенными структурами, для организации функционирования которых необходимы системы управления (СУ) [2].

Наиболее вероятной атакой на СУ сетью синхронизации со стороны организованных злоумышленников является атака по перестроению структуры сети синхронизации и изменению маршрутов доставки синхросигналов. Реализация данного вида атаки способна нанести максимальный урон сети синхронизации, что может привести к значительным отказам в ТКС [1, 3].

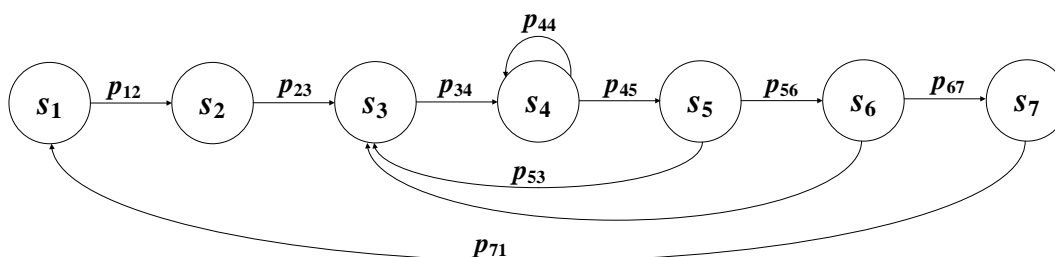


Рис. Обобщенная модель действий злоумышленника при атаке на СУ сетью синхронизации, реализующей угрозу перестроения структуры сети синхронизации

Проведенный анализ процесса функционирования СУ сети синхронизации и различных сценариев проведения атак позволил сформировать следующую обобщенную модель действий злоумышленника при реализации данной атаки (рис.).

Данная модель отражает все основные действия организованного злоумышленника. Несмотря на большое многообразие видов атак и инструментов по их реализации, модель действий злоумышленника по реализации данной атаки на СУ сетью синхронизации обязательно включает в себя следующие состояния [1, 3]:

- s_1 – Подготовка к атаке на СУ сетью синхронизации;
- s_2 – Получение доступа к СУ сети синхронизации;
- s_3 – Анализ злоумышленником существующей структуры сети синхронизации и маршрутов доставки синхросигналов;
- s_4 – Расчет злоумышленником структуры сети синхронизации и маршрутов доставки синхросигналов по целевому критерию;
- s_5 – Перестроение злоумышленником структуры сети синхронизации и маршрутов передачи синхросигналов по произведенному расчету;
- s_6 – Соккрытие следов присутствия в СУ сетью синхронизации;
- s_7 – Выход злоумышленника из СУ сети синхронизации.

Исходным состоянием является состояние s_1 , когда злоумышленник осуществляет подготовку к атаке на СУ сетью синхронизации: проводит сбор исходных данных, касающихся СУ сети синхронизации, используя методы социальной инженерии и из открытых источников; вычисляет активные сервера и узлы сети синхронизации; определяет точки входа в СУ сетью синхронизации и проводит анализ уязвимостей точек входа; обходит системы обеспечения информационной безопасности (СОИБ).

На следующем этапе в состоянии s_2 злоумышленник получает доступ к СУ сетью синхронизации. Получение доступа к СУ сетью синхронизации может быть реализовано в общем случае посредством сетевых атак, а также атак на *Web*-приложения, операционные системы и программное обеспечение СУ сетью синхронизации. К сетевым методам получения доступа можно отнести реализации атаки сниффинга, атаки спуффинга или атаки отказа в обслуживании..

Получив доступ к СУ сетью синхронизации в состоянии s_3 злоумышленник проводит анализ её структуры и маршрутов передачи синхросигналов при помощи встроенных в СУ сетью синхронизации механизмов технической диагностики и мониторинга.

Полученная в состоянии s_3 информация является исходными данными для расчета злоумышленником в состоянии s_4 варианта перестроения структуры сети синхронизации и маршрутов передачи синхросигналов. Перед проведением атаки злоумышленник имеет определенную цель по перестроению сети синхронизации, которая характеризуется набором критериев. Данные критерии будут являться основанием для последующего расчета изменения маршрутов передачи синхросигналов и внесения дополнительных задержек. Ограничивающими факторами для злоумышленника на данном этапе являются ресурс времени и мощность вычислительной аппаратуры.

По итогам четвертого этапа в состоянии s_5 злоумышленнику остается реализовать полученный план действий по перестроению сети синхронизации, путем подачи управляющих команд на аппаратуру сети синхронизации и в итерационном режиме корректировать реализацию своего плана действий.

Добившись поставленной цели, злоумышленник в состоянии s_6 будет стремиться к тому, чтобы максимально скрыть следы своего присутствия. Для сокрытия сетевой активности злоумышленник применит механизмы туннелирования [4].

Добившись определенных результатов при реализации атаки, а также под воздействием противодействия со стороны систем СОИБ, злоумышленник будет вынужден в состоянии s_7 свернуть свою деятельность и покинуть СУ сетью синхронизации.

Таким образом, сеть синхронизации является важной подсистемой ТКС, непосредственно влияющей на качество предоставления услуг связи. Для своевременного предотвращения атак на СУ сетью синхронизации требуется обоснованная оценка их защищенности от воздействия атак организованных злоумышленников. В связи с чем в данной статье представлена модель (рис.), позволяющая на основе требований к вероятностно-временным характеристикам защищенности путем соответствующего расчета сформировать обоснованные требования к качественному и количественному составу средств защиты СУ сетью синхронизации. На основе разработанной модели получена математическая модель, позволяющая оценить показатели защищенности СУ сетью синхронизации в процессе её функционирования, в том числе в условиях воздействия атак организованных злоумышленников. Данная модель универсальна и отличается полнотой учёта состояний, отражающих полный комплекс деструктивных воздействий организованного злоумышленника.

Список литературы

1. Тактовая сетевая синхронизация / П. Н. Давыдкин, М. Н. Колтунов, А. В. Рыжков. – М.: Эко-Трендз, 2004. – 205 с.
2. Теоретические основы управления современными телекоммуникационными сетями: Монография / А. Н. Буренин, В. И. Курносов. – М.: Наука, 2011. – 464 с.
3. Противостояние хакерам. Пошаговое руководство по компьютерным атакам и эффективной защите: Пер. с англ. / Скудис Эд – М.: ДМК Пресс, 2003. – 512 с.
4. Котенко И. В. Метод раннего обнаружения кибератак на основе интеграции фрактального анализа и статистических методов / И. В. Котенко, И. Б. Саенко, О. С. Лаута, А. М. Крибель // Первая миля. – 2021. – № 6. – С. 64-71.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ НА НИЗКОЙ ОКОЛОЗЕМНОЙ ОРБИТЕ

Панюшкин А.Н.¹, Панюшкин Н.Н.², д-р техн. наук, доц.

¹ОАО «Научное конструкторско-технологическое бюро «ФЕРРИТ», г. Воронеж, РФ

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет

им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

npan@yandex.ru

Сложившаяся практика обеспечения заданной стойкости электро-радиоизделий (ЭРИ) к действию ионизирующих излучений (ИИ) по дозовым эффектам сводится к использованию кожухов радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) в роли защиты. Для защиты наиболее критичных ЭРИ используют дополнительную защиту в виде дополнительных экранов, накладываемых сверху на кожухи РЭА. С теоретической точки зрения дополнительная защита представляет собой плоскую ограниченную защиту, для которой ослабление ИИ зависит от толщины барьера и геометрических размеров. В настоящей работе представлена модель для локальной дозовой нагрузки (ЛДН) плоской поверхности кожуха с наложенной дополнительной защитой.

Для аппроксимации зависимости годовой ЛДН от массовой толщины защиты на низкой околоземной орбите (около 400 км от поверхности Земли) использованы выражения

$$D_e = 7.29 \cdot 10^3 \cdot e^{-3.6\delta} + 1.6; \quad D_p = 76.2 \cdot e^{-1.5\delta} + 43;$$

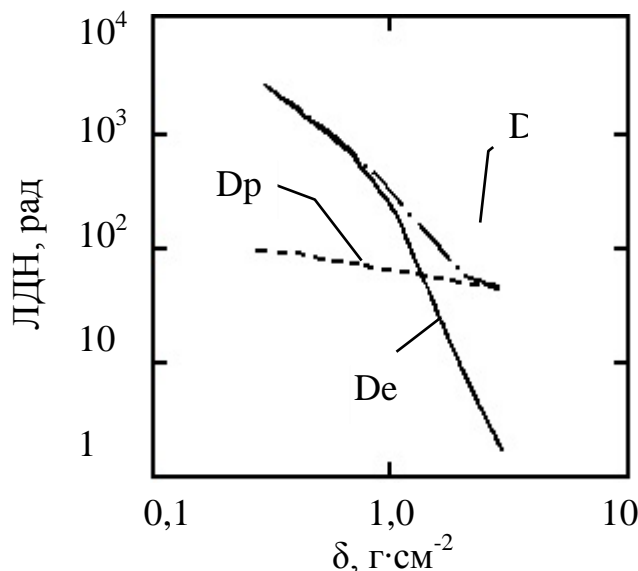


Рис. 1. Зависимость локальной дозовой нагрузки от массовой толщины защиты в форме сплошной сферы

$$D = D_e + D_p; \quad \delta = \delta_0 \cdot \rho.$$

где D – годовая ЛДН (рад), D_e и D_p – электронная и протонная составляющая годовой ЛДН (рад), соответственно; δ – массовая толщина защиты (г·см⁻²); δ_0 , ρ – толщина и плотность материала барьера защиты, соответственно ($[\delta_0]=\text{см}$; $\rho_{\text{Al}}=2,8 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$).

На рис. 1 показаны зависимости годовой ЛДН и её электронной и протонной составляющих от массовой толщины защиты. Из рисунка видно, что для $\delta < 1,12 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$ (толщина барьера из Al 4 мм)

годовая ЛДН определяется в основном её электронной составляющей и при увеличении δ с $0,3 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$ до $1,12 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$ убывает примерно на 2200 рад. При $\delta > 1,12 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$ полная ЛДН определяется её протонной составляющей и при увеличении δ с $1,12 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$ до $2,24 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$ (толщина барьера из Al 8 мм) убывает только на 240 рад. При дальнейшем увеличении δ ЛДН уменьшается незначительно. Отметим, что на практике наиболее распространена толщина барьера 4 мм.

Для расчета ЛДН плоской ограниченной защиты использована модель, рассмотренная в [1]. Расчет полной ЛДН для поверхности кожуха с дополнительной защитой проводился по формуле

$$D_{\Sigma} = D_0 - \Delta D_0 + D_{\text{доп}}$$

D_{Σ} – ЛДН плоскости кожуха с дополнительной защитой; D_0 – ЛДН плоскости кожуха без дополнительной защиты; ΔD_0 – часть D_0 плоскости кожуха, которая прикрыта дополнительной защитой; $D_{\text{доп}}$ – ЛДН, создаваемой только дополнительной защитой.

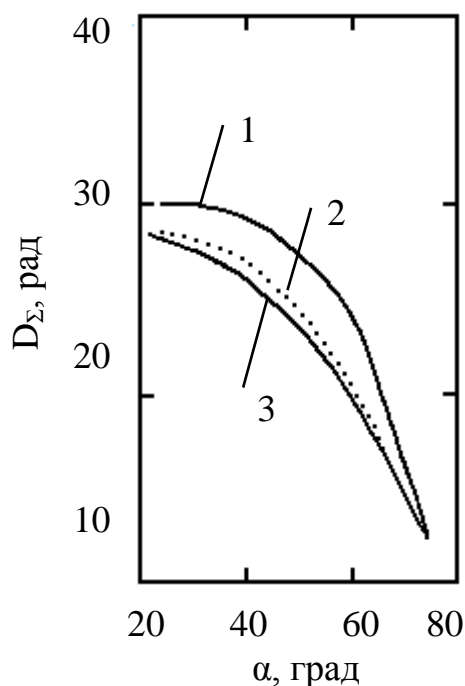


Рис. 2. Зависимость ЛДН от угла в основании телесного угла дополнительной защиты при различных значениях толщины барьера: 1- $\delta=0,56 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$ (2 мм); 2- $\delta=1,12 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$ (4,0 мм); 3- $\delta \geq 1,68 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$ (≥ 6 мм)

На рисунке 2 показаны зависимости полной ЛДН от величины угла в основании телесного угла дополнительной защиты при разных толщинах барьера для толщины барьера защищаемой плоскости 3,57 мм. Приведённые результаты позволяют сделать вывод, что наибольший эффект по снижению ЛДН_Σ даёт увеличение линейных размеров дополнительной защиты (увеличение угла α в основании телесного угла дополнительной защиты). Увеличение α до 60° позволяет снизить ЛДН_Σ примерно в 1,5 раза. Увеличение толщины барьера дополнительной защиты даёт снижение около 1,1 раза. При этом увеличение толщины барьера дополнительной защиты больше 4 мм не даёт снижения ЛДН_Σ.

Увеличение α влечёт увеличение массы защиты. Поэтому представляет интерес произведение ЛДН_{доп} и её массы

$$\chi = \text{ЛДН}_{\text{доп}} \cdot m_{\text{доп}}$$

Увеличение α влечёт увеличение массы защиты. Поэтому представляет интерес произведение ЛДН_{доп} и её массы

Эта величина равна энергии ИИ, проникающей через защищённую плоскость в расчетную точку, чем меньше χ , тем выше эффективность защиты. На рисунке 3 показана зависимость χ от угла α . Толщина барьера дополнительной защиты 4 мм, толщина барьера защищаемой поверхности

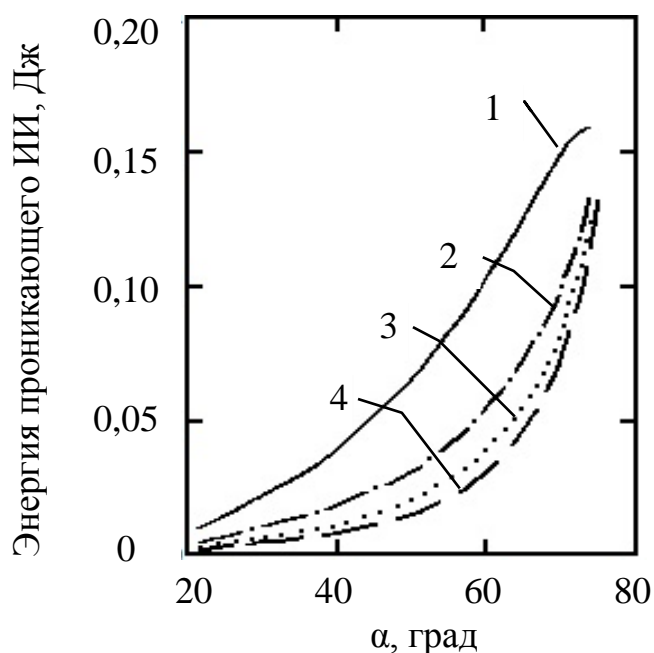


Рис. 3. Зависимость энергии проникающего излучения от угла в основании телесного угла дополнительной защиты при различных значениях толщины барьера: 1- $\delta=0,56 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$; 2- $\delta=1,12 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$; 3- $\delta=1,68 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$; 4- $\delta=2,24 \text{ г}\cdot\text{см}^{-2}$

изменялась дискретно от 1,07 мм до 4 мм. Результаты расчета позволяют сделать вывод, что при $\alpha > (40-60)^\circ$ эффективность защиты резко снижается из-за опережающего роста её массы. Чем меньше толщина защищаемой поверхности, тем меньше эффективный угол α .

Заключение. Получена модель дополнительной защиты по дозовым эффектам ионизирующих излучений. Численный эксперимент для случая низкой околоземной орбиты позволил сделать следующие выводы:

1. наибольший эффект по снижению локальной дозовой нагрузки даёт увеличение линейных размеров

дополнительной защиты;

2. оптимальная величина угла в основании телесного угла $\alpha=(40-50)^\circ$

Список литературы

1. Панюшкин А. Н. Модель локальной дозовой нагрузки сплошной защиты с плоскими ограничивающими поверхностями Эффективная толщина плоского экрана / А. Н. Панюшкин, Н. Н. Панюшкин, И. П. Бирюкова // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. – 2021. – №3. – С. 11-16. – EDN MXXMHMJ.

ВЫБОР ПЕРСПЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ КВАДРОКОПТЕРА

Рассолов М.А., Полуянович Н.К.

Колледж прикладного профессионального образования, г. Таганрог, РФ
lurito.07@mail.ru

Актуальность системы энергообеспечения квадрокоптера обусловлена тем, что беспилотный летательный аппарат при выполнении боевых заданий или при поисковых работах должен находиться в воздухе необходимое количество времени. Поэтому целью работы является синтез системы энергообеспечения БПЛА, на основании обзора литературных источников, для решения поставленной задачи.

Структура первичной и вторичной типовой структуры системы электроснабжения квадрокоптера (СЭС) зависит от рода тока, количества каналов и принятого способа резервирования. Структура вторичной СЭС не зависит от структуры первичной и совпадает с ней лишь по количеству каналов. СЭС ПТ (рис. 1), возможен режим электростартерного запуска от источника переменного тока, от аккумуляторной батареи (АБ) или другого источника постоянного тока [1].

Рассматривается регулируемый синхронный генератор с комбинированным возбуждением (СГК) и активного выпрямителя напряжения (АВН) [2-4]. Рассматривается система, в которой ток возбуждения формируется по определенному закону в функции частоты (ω) напряжения генератора. Стабилизация напряжения на нагрузке обеспечивается с помощью активного выпрямителя. Такой алгоритм может быть реализован с помощью структуры (рис 3). Управления стойками инвертора производиться с помощью синусоидальных сигналов, совпадающих по фазе с соответствующими напряжения фаз СГК. Предварительно данные напряжения фильтруются с помощью фильтра низких частот (ФНЧ) с переходной характеристикой $H(\tau)$, частота среза (ω_c) которого удовлетворяет следующему неравенству $\omega_k \neq \omega_c \neq \omega_{\max}$. Данный фильтр необходим для подавления высокочастотных составляющих, вызванных ШИМ, при этом данный фильтр практически не вносит фазовых искажений на частоте ω . Выходной сигнал ФНЧ приводится к единичной амплитуде с помощью устройства нормирования. Амплитудное значение сигналов управления АВН ($u_{\gamma i}$) определяется путем умножения нормированных сигналов на выходной сигнал регулятора напряжения РН. С помощью данного регулятора и схемы сравнения СС образована обратная связь по отклонению выходного напряжения системы СЭС ПТ. Структура регуляторов может быть различной, например, она может

ЭДС генератора изменяется по синусоидальному закону; – активные потери в генераторе пренебрежимо малы; – частота ШИМ в АВ существенно больше частоты напряжения генератора, токи и напряжения в цепи генератора анализируются по основным гармоникам, изменяющимся с частотой ω .

Выходную цепь СГ можно представить в виде схемы замещения, показанной на рис. 4. Здесь: X – комплексные величины, такие как ток I , напряжение U и ЭДС E , при этом $X = \|X\|$ – действующее значение комплексной величины.

Приняты следующие обозначения $j = \sqrt{-1}$, $\|E_{xx}\| = E_{xx} = E_{\Sigma} = \omega \cdot \psi_{\Sigma} = \omega \cdot (\psi_0 + \psi_f)$ – ЭДС холостого хода генератора, $\psi_0 = \text{const}$ – потокосцепление, создаваемое постоянными магнитами, ψ_f – потокосцепление, создаваемое потоком обмотки возбуждения $\|I\| = I$, $L \approx \frac{L_d + L_q}{2}$ – ток и эквивалентная полная индуктивность генератора.

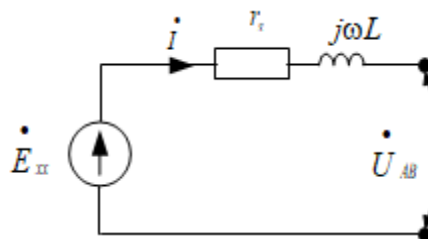


Рис. 4. Упрощенная эквивалентная схема

Активная составляющая тока генератора может быть определена из баланса активных мощностей. Принимая во внимание сделанные допущения, полагаем, что активная мощность, потребляемая от СГ (P) равна мощности нагрузки (P_n) можем записать:

$$P_n = P; P_n = U_n \cdot I_n; P = 3UI_n$$

Для реактивной (Q) и полной мощности (S) в сечении S можно записать:

$$Q = 3UI_n; S = 3UI$$

Таким образом показана система электроснабжения для квадрокоптеров на базе синхронного генератора с комбинированным возбуждением, был проведен анализ способов выбора параметров и алгоритма.

Список литературы

1. Калужский Д. Л. Синхронные машины с комбинированным возбуждением / Д. Л. Калужский, А. С. Харитонов, В. Ю. Суров. // Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н. Е. Жуковского. – 2016. № 4 – 2. – С. 239 (20.08.2022).
2. Харитонов С. А. Электромагнитные процессы в системах выработки электроэнергии для автономных объектов. Монография / С. А. Харитонов // Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – 536 с. (25.08.2022)
3. Коробков Д. В. Стартер-генераторная система постоянного тока. Имитационная модель и результаты математического эксперимента (Часть 1 – Режим генератора) / Д. В. Коробков, А. С. Харитонов, М. А. Жарков, С. А. Харитонов, Д. Л. Калужский [и др.] // Электроснабжение. – 2017. – № 3. – С. 30-45 (30.08.2022).
4. Полуянович Н. К. Электрический привод. Учебное пособие / Н. К. Полуянович, М. Н. Дубяго. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2015. – 164 с.

КЛАССИФИКАЦИЯ СКРЫТЫХ МАРКОВСКИХ МОДЕЛЕЙ

Третьяков И.А., канд. техн. наук

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

i.tretiakov@mail.ru

Введение. Скрытая Марковская модель (СММ) – статистическая модель, имитирующая работу процесса с неизвестными параметрами, который считается Марковским. Задачей такой модели является получение неизвестных параметров на основе наблюдаемых, что может быть использовано в дальнейшем при распознавании образов [1, 2]. В данной работе приведены основные свойства и области применения двух основных типов СММ.

Эргодическая СММ. При применении скрытых Марковских моделей часто используются полностью связанные или эргодические модели [3]. В такой модели каждое состояние модели может быть получено из любого другого состояния. Иными словами, эргодическая СММ обладает следующим свойством: любое состояние может быть получено из любого другого состояния за конечное число шагов. Отсюда следует, что каждая переходная вероятность a_{ij} эргодической СММ должна быть строго положительна. Это свойство показано на рисунке 1 для модели с 4 состояниями ($N=4$). Значения переходных вероятностей должны удовлетворять условию:

$$a_{ij} \geq 0.$$

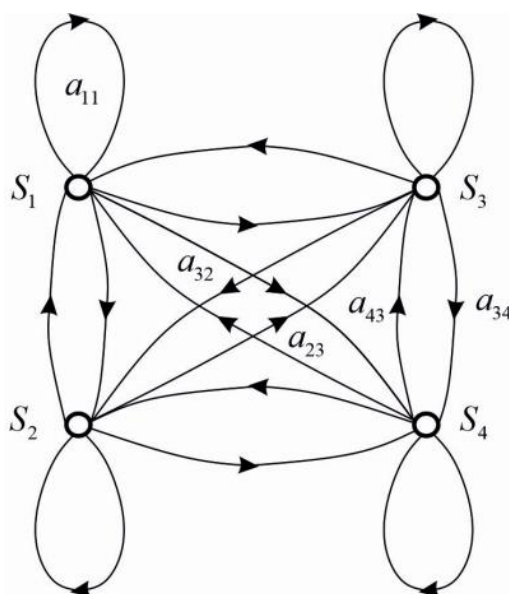


Рис. 1. Эргодическая СММ с 4 состояниями

Для модели, показанной на рисунке 1 матрица переходных вероятностей выглядит следующим образом:

$$A\{a_{ij}\} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix}.$$

Однако, модель такого типа удобно использовать в основном для стационарных процессов.

Левая-правая СММ. В случаях с распознаванием образов оказывается, что наблюдаемым свойствам моделируемого сигнала лучше соответствует так называемая левая-правая модель или модель Бакиса [4]. В такой модели индекс состояния с увеличением времени остается неизменным либо увеличивается строго в одном направлении. Иными словами, левая-правая СММ обладает следующим свойством: состояния переходят из одного в другое строго слева направо (рис. 2). Отсюда следует, что запрещены переходы в состояния, индекс которых меньше индекса текущего состояния, что математически выражается через значения переходных вероятностей:

$$a_{ij} = 0, \quad j < i.$$

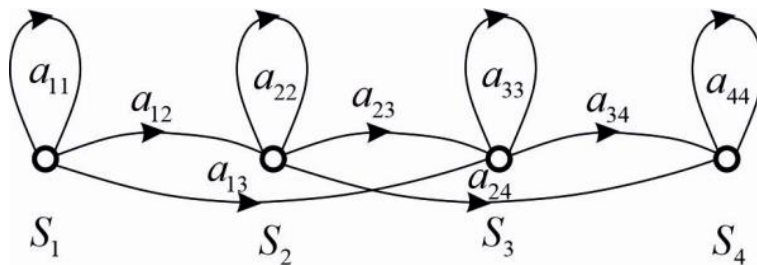


Рис. 2. Левая-правая СММ с 4 состояниями

А так, как последовательность состояний должна начинаться в состоянии 1 и заканчиваться в состоянии N, начальное распределение вероятностей состояний выражается следующим образом:

$$\pi_i = \begin{cases} 0, & i \neq 1; \\ 1, & i = 1. \end{cases}$$

Переходные вероятности для последующего и последнего состояния левая-правой модели определяются следующим образом:

$$a_{Ni} = 0, \quad i < N;$$

$$a_{NN} = 1.$$

Во избежание резких скачков в индексах состояний при использовании лево-правых моделей на переходные вероятности, накладываются дополнительные ограничения вида:

$$a_{ij} = 0, \quad j < i + \Delta,$$

где Δ – количество разрешенных переходов из одного состояния в другое.

Для модели, показанной на рисунке 2, с введенным ограничением $\Delta = 2$, матрица переходных вероятностей выглядит следующим образом:

$$A\{a_{ij}\} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 \\ 0 & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ 0 & 0 & a_{33} & a_{34} \\ 0 & 0 & 0 & a_{44} \end{bmatrix}.$$

Такой тип СММ подходит для моделирования сигналов, свойства которых изменяются во времени (например, для распознавания речи, лиц, рукописного текста).

Заключение. Таким образом, проведен сравнительный анализ и классификация типов скрытых Марковских моделей. В приведенной классификации множество СММ разделено на эргодические и лево-правые модели. Однако, существует и другие вариации и комбинации из двух вышеуказанных типов, что является направлением для дальнейших исследований.

Список литературы

1. Третьяков И. А. Анализ проблем применения скрытых марковских моделей и методов их решения / И. А. Третьяков // Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы VI Международной научной конференции (Донецк, 26-27 октября 2021 г.). – Том 2: Физические и технические науки / под общей редакцией проф. С. В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2021. – С. 181-183. EDN: SBIINJ
2. Fink G. Markov Models for Pattern Recognition: From Theory to Applications / G. Fink. – Springer Berlin Heidelberg, 2008. – 248 p. – ISBN 978-3-540-71766-9.
3. Шалагин С. В. Сравнительный анализ вычислительной сложности алгоритмов идентификации конечных простых однородных цепей Маркова / С. В. Шалагин, А. Р. Нурутдинова // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – №13. – С. 153-166.
4. Norris D. Shortlist B: A Bayesian Model of Continuous Speech Recognition / D. Norris, J.M. McQueen // Psychological Review. – 2008. – Vol. 115. – № 2. – P. 357-395. DOI: 10.1037/0033-295X.115.2.357

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ В БАЗАХ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ СКРЫТЫХ МАРКОВСКИХ МОДЕЛЕЙ

Третьяков И.А., канд. техн. наук, *Кулибаба В.В.*

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
kulibaba.valera@yandex.ru

Введение. База данных – это совокупность взаимосвязанных данных, организованных на внешних носителях информации средствами системы управления базами данных (СУБД) [1]. Основными направлениями в работе по обеспечению безопасности применения БД являются защита от взлома и кражи информации, а также защита от искажений и хищений информации. По данным статистики, наибольший ущерб наносят неправомерные действия сотрудников самих организаций, некоторые из этих действий могут быть почти незаметными. На данный момент сложно сказать, что это было сделано намеренно. Хотя некоторые опасности могут быть как намеренными, так или случайными, результаты в любом случае окажутся одинаковыми.

База данных (БД) должна минимизировать потери от любых воздействий на нее как внешних, так и внутренних. Наиболее совершенная защита по данным должна сочетать в себе многоуровневую архитектуру, включая функции непрерывного наблюдения и обслуживания, управление доступом и защиты данных, их резервное копирование и восстановление, а также процесс миграции данных между различными хранилищами данных. К сожалению, эти задачи являются одними из наиболее сложных и дорогих, по крайней мере, для организаций из сферы ИТ. Причинами основных потерь в организациях являются внутренние угрозы, которые приводят к потерям в большинстве компаний. Однако, это обстоятельство пока не вызывает у руководителей должного внимания, и до 90 % средств, выделенных на информационную безопасность, расходуется на обеспечение защиты от внешних атак.

Анализ угроз. В ходе анализа угроз было выявлено, что основные причины нарушений целостности информации на этапе подготовки данных – искажения, внесенные операторами (около 70 %) всех искажений в процессах обработки данных, а также искажения, возникающие из-за импульсных помех и коротких перерывов в передачах данных на коммутируемой линии связи (8-10 %), искажения, возникающие из-за сбоя в техническом средстве (в районе 2 %) [2].

Попытки проникновения в СУБД могут быть внешними и внутренними. Причины нарушений целостности информации в БД установить сложно, в основном это совокупность факторов, включая влияние на ошибки нижних уровней. Например, Oracle фиксирует более 2

тыс. видов ошибок. Их анализ свидетельствует о том, что 80% ошибок связаны с плохо реализованными операторами SQL, а 20% связано с параметрами БД, так же влияет количество пользователей, подключенных к БД, количеством транзакций в БД [3]. Данные ошибки могут быть результатом как случайных, так и не случайных действий.

Обеспечение целостности в БД. Для поддержания целостности базы данных в режиме реального времени необходимо обеспечить точность (корректность) как самих значений всех элементов данных, так и отношений между элементами данных в базе данных в любое, кроме запланированного системного обновления. Если пользователи не в состоянии обеспечить требуемую точность либо не обладают необходимой вычислительной мощностью, то любая попытка внесения изменений в записи в базе, выполненные с помощью указанного специального редактора, приводит к утрате содержимого таблицы и выходу из строя базы данных.

Для оценки безопасности информации в базе данных была разработана вероятностная модель транзакции на основе простой однородной цепи Маркова (рис.) [4] с использованием классического математического аппарата.

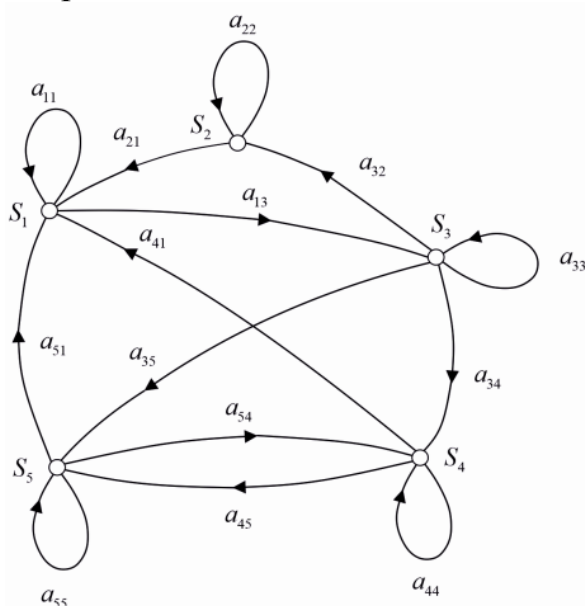


Рис. Марковская цепь с пятью состояниями и вероятностями переходов между ними

Процесс выполнения транзакций в базе данных можно интерпретировать как смещение точки в последовательных интервалах времени t_1, t_2, \dots, t_n на дискретные позиции $1, 2, \dots, i, \dots, r$, которые включают в себя результаты, связанные с выполнением транзакции. После однократной, двукратной или i – кратной попытки исполнения. На основании этого построена вероятностная модель процесса исполнения транзакции. Таким образом, вышеописанный процесс является простой

однородную Марковскую цепью, описывающейся вероятностями переходов P_{ij} точки из положения i в положение j и финальными вероятностями нахождения цепи в точках $1, 2, \dots, i$.

Пусть P_1, P_2, \dots, P_i – финальные вероятности состояний системы, которые соответствуют выполнению транзакции (с ошибками или без) после i – кратной попытки исполнения. Аналогично P'_1, P'_2, \dots, P'_i – финальные вероятности исходных состояний системы перед началом выполнения, перед повторной или i – кратной попытки исполнения соответственно. Тогда, определив переходные вероятности $P_{i'i}$ можно определить: вероятности правильного выполнения транзакции P_{np} ; вероятности обнаружения ошибки P_{oo} ; вероятности необнаружения ошибки $P_{но}$, вероятности ложной ошибки $P_{ло}$, а так же значения максимально возможного числа повторений транзакций ($r - 1$).

Заключение. Предлагаемая модель работы базы данных характеризуется обобщенным коэффициентом с соответствующими переходными вероятностями. Таким образом, все указанные вероятности переходов совместно с финальными вероятностями состояний БД полностью описывают поведение исследуемой системы.

Список литературы

1. Создание и редактирование баз данных в СУБД Microsoft Access: метод. указания / сост. М. С. Стенгач. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 20 с.: ил.
2. Лачихина А. Б. Модели противодействия угрозам нарушения информационной безопасности при эксплуатации баз данных в защищенных корпоративных информационных системах: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. Б. Лачихина. – Москва, 2010. – 19 с.
3. Клепцов М. Я. Анализ угроз и уязвимостей СУБД Oracle / М. Я. Клепцов, Л. В. Любимова, М. М. Миронов // Вопросы кибербезопасности. – 2018. – №2(26). – С. 16-23. DOI: 10.21681/2311-3456-2018-2-16-23
4. Третьяков И. А. Обнаружение угроз информационной безопасности на основе скрытых Марковских моделей / И. А. Третьяков // Взаимодействие вузов, научных организаций и учреждений культуры в сфере защиты информации и технологий безопасности: Сборник статей по материалам международной конференции, посвящённой памяти доктора технических наук, профессора А. А. Тарасова и доктора технических наук, старшего научного сотрудника О. В. Казарина (Москва, 19-20 апреля 2022 г.) / под ред. Д. А. Митюшина. – Москва: РГГУ, 2022. – С. 215-220. EDN: ZYVQXW

ВОССТАНОВЛЕНИЕ МЕЖАТОМНЫХ СВЯЗЕЙ В ИОННЫХ КРИСТАЛЛАХ В УСЛОВИЯХ ОБЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Чиванов А.В., канд. физ.-мат. наук, доц.,

Карьев Л.Г., д-р физ.-мат. наук, проф.,

Федоров В.А., д-р физ.-мат. наук, проф.,

Стерелюхин А.И., канд. пед. наук, доц.

ФГБОУ «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»,

г. Тамбов, РФ

andrchiv@mail.ru

Малые дозы высокочастотного облучения [1] вызывают релаксацию механических напряжений в вершине трещин за счет обратимого движения дислокаций и приводят к частичному восстановлению межатомных связей.

В экспериментах использовались монокристаллы LiF и NaCl, химически чистые. Кристалл облучался, а затем осуществлялось травление облученной и необлученной половинок образца. При одновременном существовании после травления плоскодонных и остроконечных ямок в лучах дислокационной розетки можно было судить о движении дислокаций, стимулированном рентгеновским излучением [2]. Для облучения монокристаллов коротковолновым излучением использовалась установка ДРОН-2,0 с медным анодом ($\lambda=1,54 \text{ \AA}$, 30 кV, 10 mA). Время облучения кристаллов варьировалось от 2 до 30 минут, что соответствует поглощенной дозе от 0,24 до 3,6 мрад.

При воздействии на кристалл коротковолнового излучения происходят заметные изменения дислокационной структуры в области вершины трещины (рис. 1). Иногда могут исчезать отдельные линии скольжения, образующие в исходном состоянии характерный дислокационный крест.

Отмечено, что воздействие на образец излучения с меньшей длиной волны наблюдается больший эффект уменьшения длины дислокационных лучей у вершины трещины.

Длина всех лучей оставшихся в дислокационных розетках с увеличением времени воздействия излучения уменьшается (рис. 2). Зависимость носит линейный характер. Длина дислокационных лучей может сокращаться для LiF ($5 \div 500$) мкм, для NaCl ($5 \div 700$) мкм, что составляет соответственно от 1 % до 100 % [3, 4].

Отмечено, что при отсутствии дислокационной розетки и наличии строчки дислокаций на продолжении траектории трещины длина

залеченного участка с увеличением времени облучения возрастает [5]. Зависимость носит линейный характер. Длина залеченного участка может достигать значений для LiF от 10 и до 90 мкм, для NaCl от 20 и до 650 мкм.

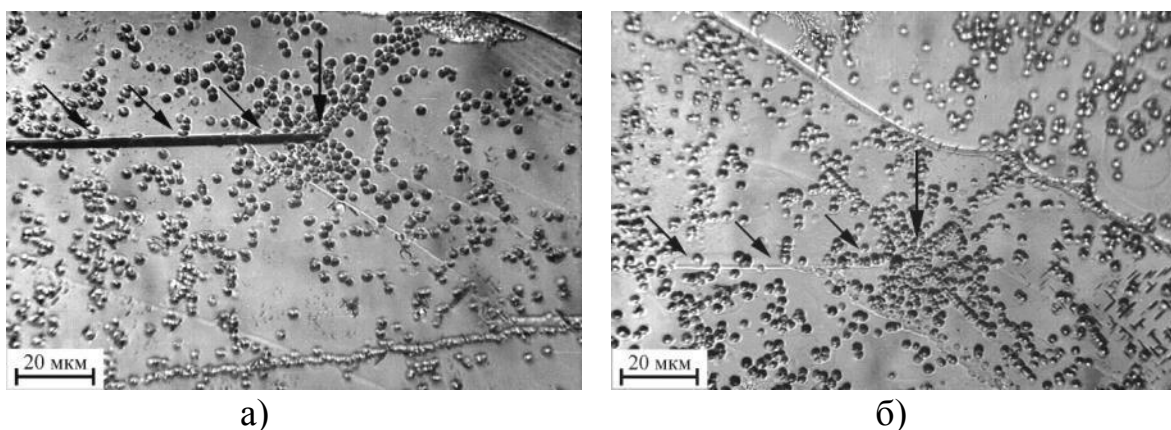


Рис. 1. Дислокационная структура у вершины трещины асимметричного скола в кристалле NaCl до и после воздействия рентгеновского излучения с $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$: а) контрольный кристалл; б) облученный кристалл, поглощенная доза 0,36 мрад. Стрелками показана вершина и русло залечившейся трещины

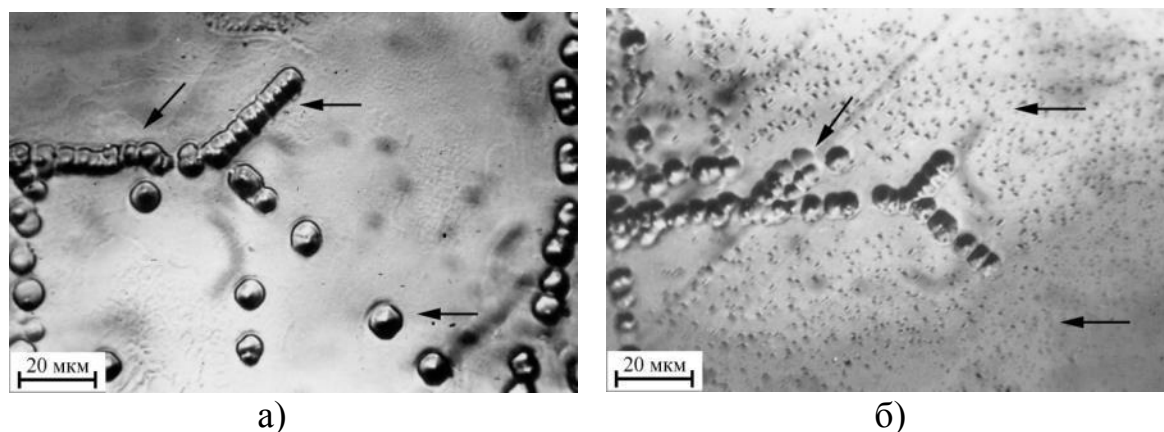


Рис. 2. Изменение длины лучей в розетке вершины трещины при воздействии рентгеновского излучения с $\lambda = 1,93 \text{ \AA}$ в кристаллах NaCl: а) контрольные кристаллы; б) поглощенная доза $5,4 \cdot 10^{-4}$ рад. Стрелками отмечены участки изменения дислокационной структуры

Для всех типов кристаллов характерно, что наиболее существенные изменения дислокационной структуры происходят впервые моменты воздействия.

Под воздействием излучения плотность дислокаций в лучах дислокационной розетки вблизи вершины трещины уменьшается по сравнению с аналогичными, но не облученными образцами.

Построены зависимости относительного изменения длины залеченного участка в вершине трещины от поглощенной дозы рентгеновского излучения (рис. 3).

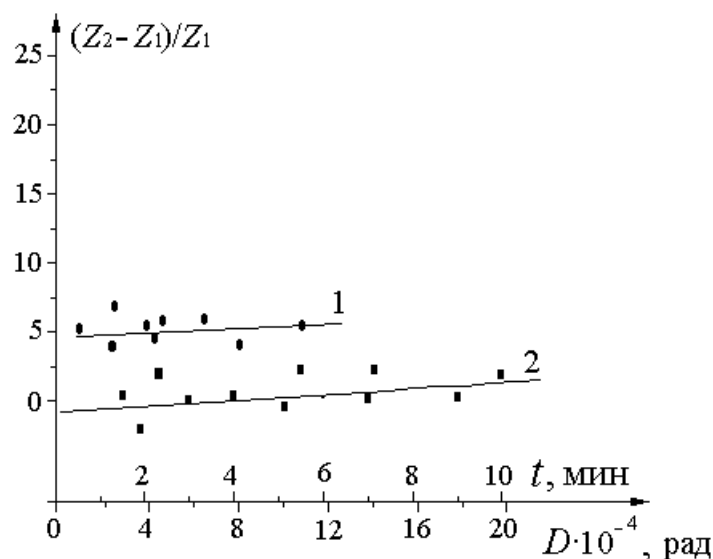


Рис. 3. Зависимость относительного изменения длины залеченного участка у вершин трещин от времени облучения (поглощенной дозы) в кристаллах NaCl – 1 и LiF – 2 при воздействии рентгеновского излучения с длиной волны $\lambda = 1,93 \text{ \AA}$. $dZ = (Z_2 - Z_1)/Z_1$ – относительное изменение длины залеченного участка; Z_1 – длина залеченного участка в контрольном кристалле, после асимметричного скола; Z_2 – длина залеченного участка после воздействия рентгеновского излучения.

Показано, что воздействие малых доз рентгеновского излучения на щелочно-галогидные кристаллы вызывает релаксацию механических напряжений у вершины остановившейся трещины, уменьшение интегральной плотности дислокаций в области вершине, сокращению длины дислокационных лучей и приводит к увеличению размеров залеченного участка.

Список литературы

1. Галусташвили М. В. Влияние малых доз на механические свойства щелочно-галогидных кристаллов / М. В. Галусташвили, Д. Г. Дрияев, З. К. Саралидзе // ФТТ, 1986. – Т. 28. – № 8. – С. 2525-2527.
2. Джонстон В. Скорость передвижения, плотность дислокаций и пластическая деформация кристаллов фтористого лития / В. Джонстон, Дж. Гилман // Успехи физических наук, 1960. – Т. LXX. – Вып. 3. – С. 489-514.
3. Грдина Ю. В. Залечивание трещин в кристаллах каменной соли / Ю. В. Грдина, В. В. Неверов // Кристаллография, 1967. – Т. 12. – Вып. 3. – С. 493-498.
4. Ван Бюрен. Дефекты в кристаллах / Ван Бюрен. – М.: Изд. иностранной литературы, 1962. – 384 с.
5. Финкель В. М. Виды дислокаций на залеченной трещине / В. М. Финкель, Б. Б. Конкин // ФТТ, 1983. – Т. 25. – № 5. – С. 1553-1555.

ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ ЧАСТОТЫ ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Шелехова О.Г., канд. техн. наук, доц., *Кулаков Д.С.*
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
jenjaistorik@mail.ru, kulakdann@yandex.ru

Актуальность. Из опыта эксплуатации известно, что наибольшее количество отказов асинхронных двигателей (АД) связано с перегревом их обмоток [1]. Одной из причин увеличения нагрева АД снижение напряжения частоты питающего напряжения. Согласно ГОСТ 32144–2013 допустимо отклонение частоты питающего напряжения 0,2–0,4 % [2], однако на практике снижение частоты питающего напряжения может достигать 1 % и более. Подобное снижение частоты сети может привести к перегреву элементов конструкции АД и его досрочному выходу из строя [1].

Вопросы влияния отклонения напряжения сети рассмотрены в работах [3] на эксплуатационные характеристики АД, однако, тепловое состояние АД изучено недостаточно и этот вопрос требует дальнейшего исследования.

Целью данных тезисов являлась оценка теплового состояния АД при отклонении частоты питающего напряжения.

В качестве меры отклонения значения основной частоты питающего напряжения от номинального значения используется величина Δf [2]:

$$\Delta f = f_m - f_{ном}$$

где $f_{ном}$, f_m – номинальное значение и значение основной частоты сети соответственно.

На примере АД с фазным ротором типа АК160S4Y3 был произведен расчет теплового состояния при различных значениях Δf . Расчет действующих значений токов статора ($I_{1н}$) и ротора ($I_{2н}$) осуществлялся с использованием Т-образной схемы замещения. Далее по полученному распределению токов вычислялись значения потерь и температур узлов АД с использованием метода эквивалентных тепловых схем (табл. 1). В качестве базовых приняты значения токов и температур в номинальном режиме при номинальной частоте 50 Гц.

Из анализа результатов, представленных в табл. 1 следует, что при отклонении частоты в пределах 0.2–0.4 Гц, допустимых ГОСТ 32144–2013 рост токов в обмотках не превышает 2 % и 3 % в обмотках ротора и статора соответственно, а сокращение срока службы АД составляет 2 % и 5 % соответственно. При увеличении отклонения частоты токи и температуры растут и при отклонении частоты на 2 Гц сокращение срока эксплуатации АД достигает 39 %.

Таблица 1

Токи и температуры АД АК160S4Y3 при различных значениях Δf

$\Delta f, \text{Гц}$	0	0.2	0.4	0.7	1.0	2.0	3.0
$I_{1н}/I_{1н}$	1.00	1.01	1.03	1.04	1.05	1.07	1.09
$I_{2н}/I_{1н}$	1.00	1.00	1.02	1.03	1.04	1.06	1.08
$\theta_{1н}/\theta_{1н}$	1.00	1.01	1.04	1.05	1.06	1.11	1.14
$\theta_{2н}/\theta_{1н}$	1.00	1.00	1.03	1.04	1.05	1.09	1.12
$D/Dн$	1.00	0.98	0.95	0.91	0.87	0.74	0.61

Установлено, что наибольшие тепловые нагрузки испытывает лобовая часть обмотки ротора.

По результатам расчётов выявлено (табл. 2), как должна изменяться нагрузка при отклонении частоты питающего напряжения, чтобы температура наиболее нагруженного элемента конструкции АД не превышала допустимое значение.

Таблица 2

Нагрузка на валу АД АК160S4Y3 при различных значениях Δf , которые позволяют обеспечить номинальный срок эксплуатации АД

$\Delta f, \text{Гц}$	0	0.2	0.4	0.7	1.0	2.0	3.0
β	1.00	0.99	0.98	0.97	1.96	1.95	0.93

Выводы. Результаты исследований позволили оценить влияние отклонение частоты сети на тепловое состояние и срок службы АД. В результате чего:

1. Установлено, что наибольшие тепловые нагрузки испытывает лобовая часть обмотки ротора.

2. Выявлены необходимые величины снижения нагрузок, которые позволят сохранить ресурс изоляционных материалов АД.

Список литературы

1. Раков Д. Н. Анализ влияния различных факторов на рабочие характеристики асинхронного двигателя / Д. Н. Раков, В. С. Могила, А. В. Дробов, В. Галушко // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2017. – № 1 (34). – С. 10-13.
2. ГОСТ 32144–2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – 2014. – 19 с. – <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293776/4293776477.pdf>. Записано с экрана 21.09.22 г.
3. Гусаров А. А. Анализ современных систем температурной диагностики асинхронных двигателей / А. А. Гусаров, А. А. Гусаров, Е. Б. Ковалев // Наук. праці ДонНТУ, серія «Електротехніка і енергетика». – Випуск 7 (128). – Донецьк, Дон НТУ. 2008. – С. 174-177.

Компьютерные технологии

УДК 004.4

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА JAVA

Абсалямова А.А., Гаврилов С.В.

Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», республика Башкортостан, г. Салават, РФ
avgustinaabsalymova@icloud.com

Интеллектуальные обучающие системы (ИТС) во многих отношениях очень похожи на обучающих людей. Основанные на когнитивной науке и искусственном интеллекте (ИИ), ИТС многократно доказали свою ценность в различных областях образования. В настоящее время ИТС можно найти на основных курсах математики, физики и языка во многих школах Канады, Соединенных Штатов и различных стран Европы. Его признание и популярность растут по таким причинам, как:

- 1) повышение успеваемости учащихся;
- 2) углубление когнитивного развития;
- 3) сокращение времени для приобретения учащимися навыков и знаний.

Интеллектуальные обучающие системы, которые обучают и контролируют программирование, разрабатывались и оценивались в течение многих лет в области искусственного интеллекта в образовании. Во многих отношениях программирование было очень продуктивной областью в развитии большинства аспектов этой области, включая моделирование учащихся, представление знаний и применение обоснованных педагогических принципов. Эффективное программирование требует целого ряда стратегий решения проблем и диагностики. То, как студент пишет код, дает глубокое представление о процессах мышления студента. В результате программирование представляет собой интересную область для изучения процессов обучения и познания [1].

В данной статье представлены модель и архитектура интеллектуальной системы обучения JavaTM. Представлены четыре отдельных компонента, поддерживающих Java ИТС: дизайн учебной программы, модуль искусственного интеллекта, распределенная веб-инфраструктура и дизайн пользовательского интерфейса [2].

Из-за сложности, связанной с семантическим синтаксическим анализом, необходимо ограничить Java ИТС обучением небольшому подмножеству языка программирования Java. Область внимания включает в себя следующий список основ языка JavaTM:

- 1) переменные (объявление, использование, локальные и глобальные);
- 2) операторы;
- 3) циклические структуры [3].

Для того, чтобы Java ИТС обеспечивал интеллектуальную обратную связь с учащимся, модуль искусственного интеллекта опирается на набор информации: постановку задачи, спецификацию задачи, код учащегося, установленную модель учащегося, экспертную модель, анализатор JavaTM, синтаксическое дерево решений, семантическое дерево решений.

Информация, собранная искусственным интеллектом Java ИТС тщательно изучается, чтобы можно было сгенерировать соответствующие подсказки для учащегося. Инфраструктура Java ИТС поддерживает учащегося через браузер, получающего доступ к информации от преподавателя через модель процесса HTTP-запроса/ответа. Обработка выполняется Enterprise JavaBeansTM на сервере, совместимом с J2EE, в сочетании с веб-сервером, поддерживающим логику представления для преподавателя. Уровень представления использует технологию JavaServer PagesTM, которая взаимодействует с домашним интерфейсом компонента для обработки и возвращает простую страницу обратно в браузер учащегося (например, html, xml и т.д.). Во время обработки компонент собирает всю информацию о коде учащегося и отправляет ее в модуль искусственного интеллекта для обработки. Архитектура инфраструктуры использует подключение JDBC (Java Database Connectivity) от Enterprise JavaBeansTM к внешней базе данных, которая хранит и извлекает конкретную информацию об учащемся, включая историю учащихся и статистику успеваемости [4].

Предлагаемая архитектура имеет множество преимуществ. Она масштабируемая, не зависящая от платформы и легкая. Студенту никогда не нужно будет устанавливать программное обеспечение на свой компьютер, и ему не потребуются высокоскоростное сетевое подключение для использования Java ИТС. Другие преимущества включают быстрое выполнение, поскольку вся обработка выполняется на сервере J2EE и веб-сервере среднего уровня, имеющие более быстрое и эффективное оборудование, чем обычные ПК. Конечным результатом является продукт, который повышает доступность Java ИТС для многих студентов – жизненно важное требование для успешного образовательного продукта в современном интернет-сообществе.

Пользовательский интерфейс основан на формате презентации, реализованном во многих популярных интегрированных средах разработки, используемых профессиональными программистами (например, Visual Café, JDeveloper).

При подключении к веб-сайту браузер учащегося отображает рабочую среду Java ИТС. Выбирается задача соответствующего уровня квалификации или учащемуся представляется задача, которую он пытался

решить в последний раз. Учащийся вводит решение в области исходного кода и нажимает 'Разобрать'. Это вызовет соответствующий Enterprise JavaBean™, представляющий учащегося. Информация (например, модель учащегося, анализатор Java™, компилятор, механизм выполнения и т.д.) собирается и передается в модуль искусственного интеллекта [4].

Учащийся в любое время может явно запросить подсказку от Java ИТС, просмотреть решение, выбрать другую задачу, а также просмотреть историю своей работы на основе статистики, включая попытки решения задач, решенные задачи и их сложности.

Таким образом, прототип интеллектуальной обучающей системы Java™ разработан с использованием передовых методов когнитивной науки и искусственного интеллекта, способствующих необходимости постоянных исследований и разработок в области веб-образовательных инструментов. Этот исследовательский проект имеет большое значение, поскольку он может быть применен к многочисленным курсам программирования на уровне колледжей и университетов.

Список литературы

1. Java. Методы программирования / Под ред. Блинов И. Н., Романчик В. С. – М., Четыре четверти, 2013. – 34 с.
2. JAVA. Сборник рецептов для профессионалов / Ян Ф. Дарвин. СПб: Питер, 2002. – 768 с.
3. Создание распределенных приложений на Java2 / Ильдар Хабибуллин. СПб: ВHV, 2002. – 704 с.
4. Технологии программирования на Java2 / Х.М. Дейтел и др. М.: Бинوم, 2003. – 560 с.

УДК 519.72

О КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ВЕЛИЧИНАХ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ПОНЯТИЕ «ИНФОРМАЦИЯ»

Аверин Г.В., д-р техн. наук, проф.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
g.averin@donnu.ru

Введение. Информатика сегодня одна из наиболее важных областей творческой деятельности человека, определяющая научное и технологическое развитие общества в XXI веке. Однако бурное становление информатики происходит за счет ее технологического развития, при этом темпы решения ее фундаментальных и теоретических проблем существенно отстают от темпов совершенствования информационных технологий.

Информатика в целом, как наука о методах и процессах сбора, хранения, обработки, передачи и анализа информации, имеет дело с информацией. Однако изучение множества публикаций по вопросу о

сущности информации формирует чувство глубокой неудовлетворенности, так как однозначного и ясного определения этого понятия до сих пор дать никому не удалось. В настоящее время имеется несколько десятков различных определений понятия «информация». Анализируя существующие формулировки проф. И. Бекман приводит более 80 определений [1]. Различные точки зрения о сущности информации исходят из того, что она является неотъемлемым свойством материи, субъективной реальностью, формой отражения материи, информационным содержанием живой и неживой природы, результатом взаимодействия материальных систем, особым видом энтропии, целевой функцией и т.д.

Существуют различные подходы к оценке и измерению информации и, соответственно, способы введения меры информации. Под мерой информации обычно понимают некоторую непрерывную действительную аддитивную функцию, определенную на множестве событий. В качестве мер информации используют объем данных, количество информации, семантическую меру и т.д. Количество информации в виде информационной энтропии было определено К. Шенноном путем установления связей с вероятностями состояний систем. Понятие информационной энтропии введено в научный обиход, исходя из аналогий с обобщенным определением энтропии, которое сформулировано Планком в статистической термодинамике.

Целью исследований является развитие представлений о количественных мерах информации применительно к состояниям сложных систем. Проведя изучение различных способов измерения и оценки информации для множества сложных систем, можно приступить к анализу сущности феномена информации.

Основная часть. Необходимо развивать основные понятия, такие как референты информации, данные, события и т.д. по отношению к реальным процессам представления количественной информации о физических, биологических и социальных системах, которая характеризуется чаще всего темпоральными данными. В теории такие данные имеют непосредственное отношение к многомерным пространствам состояний, в которых атрибуты объектов в виде количественных величин соответствуют переменным состояниям в принятых системах координат.

Примем гипотезу, что для систем различной природы могут существовать скалярные аддитивные величины, которые являются функциями состояния систем (функциями точки) и которые могут нести в себе обобщенную (комплексную) информацию об этих состояниях.

Как отмечают многие авторы, особенностью информации является объединение в своей сущности двух видов информации – статической и динамической. Другими словами, данное понятие имеет непосредственное отношение как к состояниям сложных систем, так процессам изменения этих состояний. При этом референтами информации могут выступать и сведения в виде данных, и различные факты в виде событий.

В данном случае под данными подразумеваем любые сведения об объекте исследования, его свойствах, параметрах и состоянии, а также окружающей среде в конкретный момент времени. Данные несут в себе статическую часть информации об объекте и выступают в качестве одного из ее референтов. В качестве второго референта информации о состояниях сложных систем будем рассматривать количественные факты – сведения и сообщения о каком-либо событии, процессе или деятельности, свойственном объекту и наблюдаемом с течением времени. Все такие факты в дальнейшем будем называть событиями, несущими в себе динамическую часть информации об объекте. В какой-то степени такое представление имеет отношение к информационным DKIW-моделям, используемым в теории информации.

Логической модели темпоральных данных поставим в соответствие модель пространства состояний системы. Рассмотрим n -мерное пространство $H^n\{z_1, z_2, \dots, z_n\}$, охватывающее все наблюдаемые состояния объектов (все экземпляры класса). Будем подразумевать под состоянием каждого объекта совокупность его наблюдаемых параметров z_1, z_2, \dots, z_n (переменных состояния). Тогда все состояния в каждый момент времени будут отображаться точками $M = M(z_1, z_2, \dots, z_n)$. Процессы изменения состояний объектов в пространстве H^n будут иметь вид кривых, описываемых точками M с течением времени.

Для построения моделей описания состояний систем, информация о которых может быть представлена в описанном выше виде, используем принципы моделирования, сформулированные в работах [2 – 4].

Континуальный принцип представления количественных данных в пространстве H^n позволяет учитывать закономерности, свойственные пространству состояний. Вероятностный принцип распределения данных в пространстве состояний дает возможность проверить гипотезу о существовании многомерного распределения данных. С этой целью каждое состояние объекта в пространстве характеризуется как совокупностью параметров объекта, так и совместным событием наблюдения данной совокупности. Для оценки вероятности такого события w используются методы алгоритмического определения статистических вероятностей событий [4]. Принцип феноменологического описания массивов темпоральных данных позволяет создавать модели континуального пространства с учетом связей вероятности состояний с параметрами системы в виде распределений $w = W(z_1, z_2, \dots, z_n)$.

В работах [2, 4] показано, что для континуального пространства состояний, отвечающего логической модели темпоральных данных, существуют функции состояния – энтропия и потенциал, которые являются аддитивными величинами и представляют собой естественные криволинейные координаты пространства состояний H^n . Данные

величины носят свой специфический характер для определенного класса объектов и каждой комбинации переменных состояния. Эта система величин наиболее полно отображает наблюдаемые изменения состояний и может выступать комплексной оценкой количественной информации о состояниях объектов. Возможны также и другие количественные оценки имеющейся информации о состояниях системы.

Заключение. Таким образом, такой феномен, как информация о состояниях сложных систем, может характеризоваться множеством количественных мер. Обработка и анализ данных о темпоральных процессах для различных классов объектов позволит развить представления о мерах информации в этом случае.

Список литературы

1. Бекман И. Н. Информатика. Курс лекций. – URL: <http://profbeckman.narod.ru/InformLeks.htm> (дата обращения 17.09.22).
2. Аверин Г. В. Системодинамика: теория и приложения / Изд. 2-е перераб. и доп. – Донецк: ООО «НПП «Фолиант», 2022. – 535 с.
3. Averin G., Konstantinov I., Zviagintseva A., Tarasova O. 2015. The Development of Multi-Dimensional Data Models Based on the Presentation of an Information Space as a Continuum. *International Journal of Soft Computing*, 2015, Vol. 10(6): 458–461.
4. Звягинцева А. В. Вероятностные методы комплексной оценки природно-антропогенных систем / Под науч. ред. д.т.н., проф. Г. В. Аверина. – М.: Издательский дом «Спектр», 2016. – 258 с.

УДК 004.42

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ИГРОВЫХ ДВИЖКОВ

Алексеев В.Д., Мартыненко А.М.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» г. Донецк, РФ
vladalexeev91@gmail.com

Введение. Вместе с созданием первых игр программисты пришли к тому, что каждая игра содержит общие компоненты, даже несмотря на различие аппаратных платформ. Первые движки редко выходили за пределы изначальной компании-разработчика и, как правило, были достаточно узкоспециализированными под конкретный жанр игры.

Основная часть. Игровой движок (game engine) –предназначен для разработки компьютерных игр, обрабатывающих графику в реальном времени. Для анализа было взято и рассмотрено несколько игровых движков – Unity, Unreal Engine 4, CryEngine V.

Unity – мультиплатформенный движок для разработки игр, разработанный компанией Unity Technologies. Данный движок обладает довольно низкими системными требованиями. Unity обладает интуитивно

понятным и удобным интерфейсом, а также обладает обширным функционалом. Он имеет инструменты, как для художников-разработчиков, так и для программистов-разработчик.

Unity имеет и предоставляет возможность разрабатывать сетевые игры с помощью сервиса Unity Multiplayer. Данные игры используют серверы Unity Matchmaker, что сильно упрощает задачу соединения пользователей. Движок поддерживает разработку в 2D и 3D проектов. Поддерживает движки Box2D и NVIDIA PhysX. Unity способен поддерживать разработку на семи языках от C# до JavaScript и IronRuby. Движок является относительно простым, много платформенный и обладает обширным функционалом для разработки разнообразных продуктов. В Unity уже есть готовая физика и шаблоны для создания своих правил – можно сразу использовать их в игре. Движок уже знает, что если на горку поставить коробку, она сползёт, перевернётся и остановится, а мяч в этой же ситуации должен просто покатиться дальше. Имеется огромнейшая база пользователей и обучающего материала, как официально от издателей, так и от других разработчиков. Присутствует свой встроенный магазин, на котором и компания и пользователи могут размещать готовые решения для упрощения и дальнейшего развития. Выбор в данном магазине необычайно велик как и графических, так и технических решений. За разработку на данном движке платить не надо, но как только доход превышает 100 тысяч долларов, уже нужно будет покупать подписку для дальнейшей разработки.

На данный момент это один из самых быстроразвивающихся движков, разработчики которого постоянно улучшают его и внедряют новые функции [1].

CryEngine V – последняя версия игрового движка от компании Crytek. Данный движок обладает отличной графикой. CryEngine V хоть и является кроссплатформенным движком, но поддерживает всего лишь четыре платформы – Windows, Xbox One, Playstation, Oculus Rift. Минимальные требования выше чем у Unity, но все равно достаточно комфортны. Движок CryEngine больше ориентируется на визуальную часть проекта, что прибавило в его арсенал большое количество функций и инструментов, способствующих достижению отличного качества изображения. Имеется поддержка DirectX 12. Движок имеет большую базу настроек для анимации персонажей, имеется даже параметрическая скелетная анимация.

CryEngine имеет технологии эффективного сглаживания, что позволило ему снизить пикселизацию в изображении.

Можно использовать встроенное расширение системы искусственного интеллекта, при помощи которой легко настроить реалистичное поведение НП. CryEngine поддерживает такие языки программирования C++ и Lua, в нем также есть система визуальных скриптов Flowgraph, которая дает возможность создавать и контролировать игровую логику и события без надобности написания скрипта вручную. Имеются сложности

с реализацией сетевых игр. Могут возникнуть сложности с поиском знающих и разбирающихся в данном движке людей. Малая база материала и информации, что делает данный движок более сложным в освоении по сравнению с двумя другими. Также имеется свой магазин asset-ов, но не обладает таким же обширным выбором дополнительных функций для программиста, но имеет большой выбор полезных дополнений для реализации графических. Движок предоставляет лицензию бесплатно, однако, если разработка, приносит прибыль более 5 тысяч долларов в год, то Crytek заберет 5% прибыли себе [2].

Unreal Engine 4 – игровой движок, разработанный компанией Epic Games. Первая версия Unreal Engine была разработана для игры этой компании под названием Unreal. Отлично подойдет для разработки AAA-игр. Unreal Engine 4 позволяет добиться отличного качества графики при помощи большого количества настроек рендера, используя освещение, динамических теней. Обладающий необходимыми инструментами, позволяет существенно упростить работу с уровневым ландшафтом и растительностью. Исходный код на языке C++ находится в открытом доступе. Имеется схожая с CryEngine Flowgraph собственная Blueprint, можно управлять игровой логикой без написания скриптов вручную. Unreal Engine имеет поддержку разработки мультиплеерных игр. Данный движок предоставляет проверенную архитектуру клиент – сервер. Обладает большой базой пользователей и обучающими материалами. Есть встроенный магазин для расширения своих возможностей и возможностей движка, графики и продвижения игры. Имеется возможность работать в режиме виртуальной реальности. Unreal Engine отлично подходит для разработки 3D игр, нежели 2D, но имеет широкий выбор платформ, так и для готовых проектов как для разработки. Движок является бесплатным, пока не превышает определенный доход, после этого необходимо оформить подписку [3].

Заключение. В мире существуют и другие игровые движки, но в большинстве своем, они узкоспециализированные, не обладают исходным кодом и не находятся в общем доступе. Данные же движки обладают доступностью и многофункциональностью, позволяющие ознакомиться с их функционалом и приступить к работе, обучение и прочего от нужд пользователя.

Список литературы

1. CRYENGINE URL: <https://www.cryengine.com/>
2. Unity URL: <https://unity.com/ru>
3. Unreal Engine URL: <https://www.unrealengine.com/en-US/>

ПРИМЕНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕДИЦИНСКИХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

Андрян О.В., Андрян И.В.

Политехнический институт (филиал) Донского государственного технического
университета в г. Таганроге, РФ
I_solnishko@mail.ru

Введение. Исследователи искусственного интеллекта еще в 70-е годы прошлого века начали разрабатывать экспертные системы, которые были основаны на разработанных в 1832-м году Семёном Корсаковым «интеллектуальных машинах», способных находить решения задач по заданным условиям.

Современные экспертные системы – это компьютерные программы, которые могут проводить анализ на основе определённых исходных данных и способны заменять специалистов узкого профиля в проблемных ситуациях. Сами системы рассматриваются как модели поведения экспертов, и, в своей работе используют знания, так же, как и эксперты-люди. Для экспертной системы знания представляются в виде формализованных совокупностей фактов и правил логического вывода в определённых областях, которые можно изменять и дополнять.

Основная часть. Медицинские экспертные системы основываются на опыте наблюдения и лечения пациентов с различными заболеваниями. Так как тяжесть болезни и степень врачебного вмешательства всегда требуется разная, диапазон применения таких систем в медицине очень широк.

Среди медицинских экспертных систем самыми эффективными являются искусственные нейронные сети и методы добычи данных (Data Mining). Они позволяют решать задачи диагностики, дифференциальной диагностики, прогнозирования, выбора оптимальной стратегии лечения.

Методы Data Mining позволяют выявлять несколько типов закономерностей:

– Классификация. С её помощью возможно выявлять признаки, которые характеризуют группу, к которой можно отнести рассматриваемый объект. В данном случае это происходит на базе анализа уже классифицированных объектов.

– Кластеризация. По сути, та же классификация, однако группы, к которой принадлежат анализируемые объекты, не являются заданными, т.е. группы данных выделяются непосредственно с помощью средств Data Mining.

– Ассоциация. Определяется в том случае, если имеется несколько событий, связанных друг с другом.

– Последовательность. Определяется в том случае, если есть целая цепочка связанных друг с другом событий.

– Прогнозирование. Основой для прогнозирования является информация, которая хранится в базах данных. Построение математических моделей позволяет предсказывать поведение системы в будущем.

В основе Data Mining лежат различные методы и алгоритмы: деревья решений, метод ближайшего соседа, байесовские сети, линейная регрессия, корреляционный анализ, регрессионный анализ, кластерный анализ, методы поиска ассоциативных правил, генетические алгоритмы, метод опорных векторов и др.

Экспертные системы помогают решить следующие медицинские задачи:

– разработка прогнозов о нахождении пациента в группе риска по той или иной болезни. В данном случае экспертные системы помогают сработать на опережение болезни. В большинстве случаев это касается онкологических заболеваний, при которых обнаружение и лечение опухолей на ранних стадиях намного повышает шансы на полную ремиссию;

– назначение необходимых исследований (лабораторных и диагностических) на основании первичного анамнеза. Это помогает оптимизировать материальные и технические ресурсы медицинского учреждения, а также экономить денежные средства пациента на различные тесты и анализы, в том числе с применением дорогостоящего медицинского оборудования;

– поддержка принятия врачебного решения – постановка и обоснование конкретного диагноза на основе клинической картины;

– выдача диагностического решения и оценка осложнений при критических и неотложных состояниях.

В настоящее время в большинстве медицинских учреждений персональные компьютеры применяются в основном для обработки текстовой документации, хранения и обработки баз данных, ведения статистики и выполнения финансовых расчетов. Также небольшая специализированная часть компьютеров используется совместно с различными диагностическими и лечебными приборами.

Во многих лечебно-диагностических технологиях возможности современных компьютеров практически не используются. Прежде всего это диагностика, назначение лечебных мероприятий, прогнозирование течения заболеваний и их исходов. Среди основных причины недостаточно полного использования современных компьютерных технологий в медицине можно выделить следующие:

– слабо развитая техническая база;

– недостаточный уровень подготовки специалистов в области современного аппаратного и программного обеспечения;

– плохая оснащенность специализированными пакетами прикладных программ.

Также большое значение имеет психологический аспект использования компьютерных приложений для медицинских целей. Данная серьезная причина связана с особенностями работы врача, который несет прямую ответственность за результат своей деятельности. Принимая решение о диагнозе или лечении, он обычно опирается на свои знания и опыт, а также на мнение авторитетных коллег.

Заключение. Таким образом, применение современных возможностей экспертных систем позволяет выйти на качественно новый уровень диагностики и лечения заболеваний, а также используя соответствующие математические модели, провести моделирование развития патологических процессов при конкретном заболевании. Медицинские экспертные системы позволяют врачу не только проверить собственные диагностические предположения, но и обратиться к компьютеру за консультацией в трудных диагностических случаях.

Список литературы

1. Трофимов В. Б. Экспертные системы в АСУ ТП / В. Б. Трофимов, И. О. Темкин. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. – 284 с. – ISBN 978-5-9729-0480-8. – Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/148321> (дата обращения: 23.09.2022).
2. Лапшина М. Л. Экспертные системы и теория принятия решений : учебное пособие / М. Л. Лапшина. – Воронеж: ВГЛУ, 2020. – 118 с. – ISBN 978-5-7994-0913-5. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/225296> (дата обращения: 23.09.2022).
3. Лапшина М. Л. Теория принятия решений и экспертные системы : учебное пособие / М. Л. Лапшина, А. В. Стариков. – Воронеж: ВГЛУ, 2018. – 139 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/118670> (дата обращения: 23.09.2022). –

УДК 004. 891.3

РАЗРАБОТКА ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЖАНРОВ ТЕКСТА И ЯЗЫКА ТЕКСТА НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕФЕРИРОВАНИЯ ТЕКСТА

Бабуркин Э.В., Нестругина Е.С., канд. техн. наук, доц.
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
dozeza47.com@gmail.com

Введение. Появление сети Internet дало возможность получить доступ к огромному количеству информации. Одновременно с этим появилась проблема с обработкой и анализом большого объема различных публикаций. Выделение краткого смысла оригинальных текстов человеком вручную является достаточно трудоемким процессом. Заменить этот

сложный вид интеллектуальной деятельности и значительно повысить скорость анализа текстовых документов позволяет автоматическое реферирование текстовой информации.

Создание систем интеллектуального анализа данных, автоматического реферирования, классификации и кластеризации текстовых документов являются сложными задачами [1].

Разработка языковых моделей для различных жанров текста и языка текста на основе глубокого обучения в системе автоматического реферирования текста имеет на сегодняшний день очень важное значение и особенно актуальна.

Целью работы является разработка новых эффективных языковых моделей для различных жанров текста и языка текста на основе глубокого обучения в системе автоматического реферирования текста.

Основная часть. Выделение главных мыслей в виде реферата или конспекта интересовало человечество со времен появления письменности. С появлением Интернета, в условиях огромных и постоянно растущих объемов информации, вопрос стал особенно актуальным.

Существует множество областей, в которых применение такого сокращенного представления, имеет большое значение. Например, система может быть полезна для быстрого получения в определенной области знаний необходимой информации для первоначального ознакомления с первоисточником и определения целесообразности дальнейшей работы в этом направлении. Так же автоматическое реферирование незаменимо в поисковых системах для уменьшения диапазона поиска [2].

Стремительный рост объема научно-технической информации стал причиной появления довольно высокого спроса на средства автоматического реферирования. Необходимость в системах реферирования испытывают исследователи, информационно-библиотечные системы, каналы телерадиовещания, службы рассылки новостей и другие [3].

В системах автоматического реферирования текстов выполняется анализ изначального текста и содержания документа; определяются ключевые слова, словосочетания и предложения; убирается избыточная, ненужная информация; с помощью компьютерной программы из полученной информации составляется реферат [4].

Заключение. Аналитический обзор существующих систем автоматического реферирования показал, что на сегодняшний день существует незначительное количество реализованных программных продуктов, некоторые из которых отличаются относительно низким качеством полученных рефератов.

Кроме того, преобладающая часть существующих в настоящее время программных продуктов автоматического реферирования текстовой информации являются коммерческими разработками. Следовательно, принцип их работы авторами не раскрывается. Практически отсутствует информация об используемых методах и алгоритмах.

Оценка алгоритмов производится в большинстве случаев на англоязычных выборках документов.

Учитывая вышесказанное, очевидно, что разработка алгоритмов автоматического реферирования русскоязычных текстов является актуальной задачей.

Согласно материалам последних исследований, количество информации будут расти по экспоненциальному закону [5]. В этой связи растущий спрос в информационно-аналитическом направлении на более совершенные системы автоматического реферирования, как вида аналитико-синтетической обработки документов, требует разработки и применения новых, более эффективных методов и алгоритмов.

Список литературы

1. Михайлов А. И. Основы научной информации / А. И. Михайлов, А. И. Черный, Р. С. Гиляревский. – М.: Наука, 2005. – 655 с.
2. Леонов В. П. О методах автоматического реферирования / В. П. Леонов – Библиотека РАН. – СанктПетербург : БАН, 2021. – 568 с. ISBN 978-5-336-00284-3
3. Пашенко Н. А. Проблемы автоматизации индексирования и реферирования / Н. А. Пашенко, Л. В. Кнорина, Т. В. Молчанова // Итоги науки и техники. – Сер. Информатика. – М.: ВИНТИ, 1983. – Т. 7. – С. 7–164.
4. Пиотровский Р. Г. Текст, машина, человек: моногр. / Р.Г. Пиотровский. – Л.: Наука, 2005. – 327 с.
5. Батура Т. В. Методы и системы автоматического реферирования текстов: монография / Т. В. Батура, А. М. Бакиева; Ин-т систем информатики им. А. П. Ершова СО РАН. – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2019. – 110 с. ISBN 978-5-4437-0974-1

УДК 004.62

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ IOS/IPADOS ИДЕНТИФИКАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

Багмет Д.А.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
dnsbagmet@gmail.com

Введение. В настоящее время мобильные устройства играют большую роль в жизни человека. На текущий момент рынок мобильных устройств увеличился в несколько раз по сравнению с началом 2000-х годов. Данные устройства стали доступны все большему массам, трудно представить себе жизнь без мобильного телефона, смартфона, планшетного компьютера. Смартфоны и планшеты стали выполнять большой спектр задач с помощью специально разработанных мобильных приложений, спрос на которые значительно вырос[1].

Настоящая работа посвящена исследованию проблем купли-продажи автомобилей с использованием современных технологий.

Объектом исследований является рынок подержанных автомобилей.

Предметом исследований являются процесс разработки проекта мобильного приложения для идентификации автомобилей.

Цель. Из всего вышесказанного следует, что целью данной работы стало проектирование и разработка мобильного клиента для операционной системы iOS/iPadOS клиент-серверного приложения позволяющего упростить идентификацию автомобиля перед покупкой.

Основная часть. Данная система будет востребована на рынке Российской Федерации. За последний год авторынок в нашей стране просел более чем на 30%. Из-за кризиса многие автодилеры работают почти без выручки, а некоторые и вовсе прекратили свою деятельность. Ситуация на вторичном рынке немногим лучше. К тому же вновь активизировались мошенники, которые продают машины со скрученным пробегом, скрытыми следами ДТП или вовсе с поддельными документами.

Чтобы рядовой покупатель не попался на удочку нечистых на руку продавцов, web-разработчики и создатели приложений для разных платформ запустили несколько сервисов, которые призваны помочь покупателю сделать правильный выбор и не стать жертвой автомошенников.[2]

Приложение позволяет пользователям получать подробную информацию о прошлом подержанных автомобилей (рис. 1).

Создание подобного продукта влечет за собой исследования и познания в таких предметных областях, как хранение и обработка информации, сетевые протоколы передачи данных, программирование для мобильных устройств на языке Swift, проектирование интерфейсов мобильных iOS-приложений.

В отчете пользователь найдет:

- криминальную историю (числится ли авто в розыске или угоне);
- кредитную историю (была ли машина оформлена как залог для банка);
- информацию о ДТП и список ремонтных работ;
- причастность к службам такси и доставки;
- реальный пробег;
- историю сервисного обслуживания автомобиля.

Также приложение не просто повторяет функциональность других приложений или сайтов, а использует несколько баз популярных аналогов приложений на рынке.

Разрабатываемое приложение предназначено для использования пользователями с целью получение полной информации о подержанном автомобиле.

Исходными данными для системы является техническая информация о автомобилях.

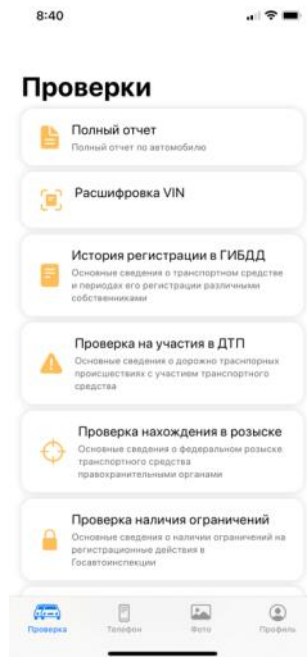


Рис. 1. Вкладка «Проверка»

В результате успешного поиска, приложение предоставит пользователю список объявлений, которые закреплены за номером.

Каждый список является карточкой, в которой содержится фото транспортного средства, марка, модель и кнопка для открытия URL объявления (рис. 2).

При нажатие откроется страница в браузере с подробным описанием объявления.

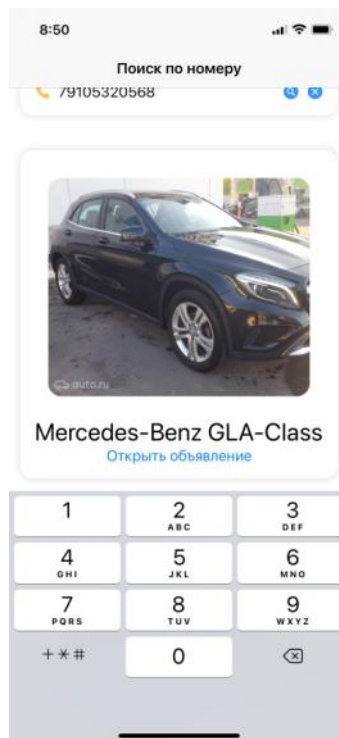


Рис. 2. Результат поиска

Заключение. Проверка авто по бесплатным сервисам требует значительного времени, которое уходит на многократный ввод данных ТС во всех онлайн-базах. Помимо этого, бесплатные сайты порой не функционируют и подвисают. Для проверки одной машины может понадобиться от пары часов до нескольких дней.

Данная работа как раз и посвящена облегчить и автоматизировать проверки поддержанных авто перед покупкой.

Список литературы

1. История мобильных телефонов – Текст: электронный// Сайт doklad.ru – 2021. – URL: <https://works.doklad.ru/view/8LLFw7IoR0g.html> (дата обращения: 09.05.2021).
2. Рынок покупателя: как изменится спрос на автомобили в 2021 году – Текст: электронный// Сайт forbes.ru – 2021. – URL: <https://www.forbes.ru/biznes/417583-rynok-pokupatelya-kak-izmenitsya-spros-na-avtomobili-v-2021-godu> (дата обращения: 10.05.2021).
3. Системы распознавания номеров на практике – Текст: электронный// Сайт habr.com – 2012. – URL: <https://habr.com/ru/company/croc/blog/158719/?ysclid=183g822uvr831010664> (дата обращения: 12.05.2021).
4. 4 шага для качественного распознавания автомобильных номеров – Текст: электронный// Сайт evision.tech – 2021. – URL: <https://evision.tech/news/for-car-4step?ysclid=183gddqdoj678635604> (дата обращения: 13.05.2021).
5. Instruments User Guide – Текст: электронный// Сайт apple.com – 2020. – URL: <https://developer.apple.com/library/mac/documentation/developertools/conceptual/instrumentsuserguide/Introduction/Introduction.html> reality (дата обращения: 15.05.2021).

УДК 004.4

ВИЗУАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ СТАЛЬНЫХ СЛИТКОВ

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

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
bondarenko@donnu.ru

Введение. Моделирование различных физических процессов в период разливки и формирования металлургических изделий связано с решением сложнейших нелинейных многомерных уравнений для расчета гидродинамических и тепломассообменных процессов во время разливки и затвердевания слитков.

В настоящее время в различных отраслях, в частности в металлургии, всё чаще применяют системы моделирования, экономичность затрат при использовании которых очевидна по сравнению с опытными исследованиями.

Конечным пользователем подобной системы как правило является технолог металлургического производства, которому необходимо

предоставить программный продукт с интуитивным пользовательским интерфейсом, с удобным и понятным для производителя входным и выходным потоками данных.

Целью является разработка и дальнейшее усовершенствование пакетов прикладных программ (ППП) с развитыми средствами визуализации расчета для моделирования разливки и затвердевания стальных слитков.

Основная часть. При проектировании ППП предлагается [1] использовать паттерн Модель-Представление-Контроллер (Model-View-Controller, MVC).

Модель предоставляет данные и методы работы с ними. В данном случае в компонент «модель» входят библиотеки классов и подпрограмм для расчета задачи моделирования гидродинамических и тепломассообменных процессов[2, 3].

Компонент «Контроллер» обеспечивает взаимодействие между пользователем и системой, контролирует и направляет данные от пользователя к системе и наоборот, использует модель и представление для реализации необходимого действия.

Компонент «Представление» ответственен за получение необходимых данных из модели и отображение их пользователю. Представление может, в свою очередь, влиять на состояние модели.

На рис. 1 представлена схема графического интерфейса пользователя.

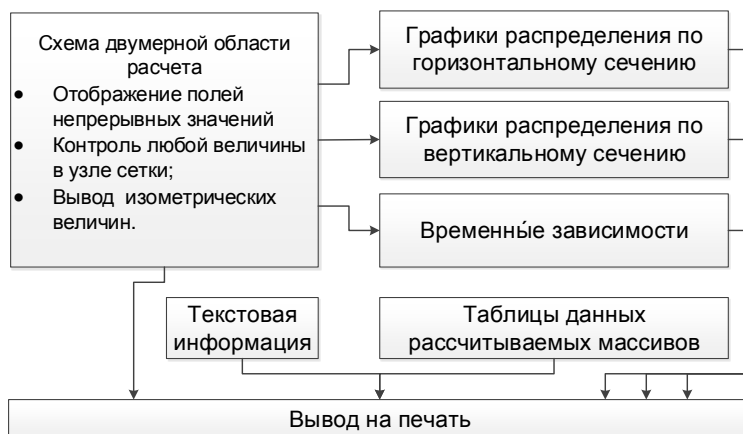


Рис. 1. Схема графического интерфейса

Центральным звеном является схема двумерной области расчета. Как правило, задачу моделирования металлургических процессов в изложницах можно свести к двумерной осесимметричной модели. Схема области расчета визуализирует данную модель с помощью раскрашивания в разные оттенки в зависимости от значения выбранного поля. По умолчанию предусмотрена работа с полями температур, горизонтальной и вертикальной проекций скорости и доли твердой фазы. Но можно добавлять и любые другие поля, представляющие собой двумерные

массивы, например, массив локальных термических напряжений и т.п. Расшифровка схемы области расчета представлена на рис.2.

Область 1 (рис. 2,1) представляет собой цветовую схему распределения непрерывной величины типа температуры. Каждому определенному интервалу этой величины соответствует свой цвет. Кроме того, на эту область можно накладывать различные векторные характеристики, в частности, векторы скорости. Предусматривается 18 вариантов интервалов значений и связанных с ними цветов. Для просмотра и изменения пользователем этих параметров используется набор настраиваемых пользователем панелей (рис. 2,6).

Переключение выводимых полей производится с помощью набора селекторных кнопок (рис. 2,3).

Если разработчик математической модели предоставляет специальный маркировочный массив, в котором описана геометрия области, то на цветовую область накладываются контуры внутренних и внешних границ изложницы, заполнителя и т.д.

Разработаны функции, которые позволяют накладывать на область различные изолинии (функции тока, вихревой структуры, изотермы и т.п.) и стрелки, указывающие направление вектора скорости. Вызываются эти функции с помощью кнопок 4 (рис. 2,4). Кнопка 5 (рис. 2,5) вызывает диалоговое окно настроек.

Также производится вывод информации из текущей (под курсором мыши) ячейки расчетной сетки в область 7 (рис. 2,7).

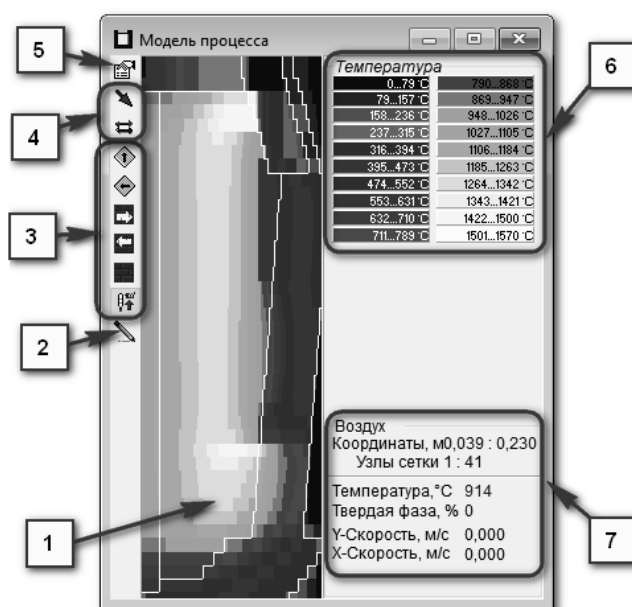


Рис. 2. Схема расчетной области:

1-цветовая область, 2-кнопка обновления, 3-кнопки выбора поля, 4-кнопки выбора векторных характеристик, 5-кнопка настроек, 6-панели настроек диапазонов значений и оттенков цвета, 7-панель информации текущего узла расчетной сетки.

Графический компонент для построения диаграмм является контейнером объектов-графиков. Один график является экземпляром класса Graphics. Данные для графика можно получать как в виде статических объектов, так и в виде переменных функционального типа.

Выводы. Разработаны инструменты разработки ППП для моделирования гидродинамических и теплофизических процессов с использованием паттерна MVC, предоставляющие технологам металлургического производства программный комплекс с широкими возможностями визуального представления процесса моделирования.

Список литературы

1. Bondarenko V. Using MVC pattern in the software development to simulate production of high cylindrical steel ingots / V. Bondarenko, V. Bilousov, F. Nedopekin, V. Bodriaha, L. Antropova // Journal of Crystal Growth. – 2019. – Т. 526. – С. 125240.
2. Недопекин Ф.В. Затвердевание металлов и металлических композиций. Учебник для вузов / Ф.В. Недопекин, В.Е. Хрычиков, В.А. Лейбензон, В.М. Кондратенко, Ю.В. Дмитриев, В.В. Белоусов. – Киев: Наукова думка, 2009. – 412 с.
3. Бондаренко В.И. Математическое обеспечение и компьютерные технологии для моделирования гидродинамических и теплофизических процессов в металлургии: Монография / В.И. Бондаренко, В.Ф. Комаров, Ф.В. Недопекин, В.М. Мелихов, В.В. Белоусов. – Донецк: Юго-Восток, 2013. – 210 с.

УДК 004.4

МОДЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ

Бондаренко В.И., канд. техн. наук, доц., *Бондаренко В.В.*
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
bondarenko@donnu.ru

Введение. Принятие решений в образовательной сфере – сложный, многоаспектный процесс, в который вовлечено большое количество людей. За последние годы была накоплена и продолжает накапливаться масса данных, которые имеют непосредственное отношение к образовательному процессу [1]. В связи с этим появляется возможность и необходимость обработки данных для прогнозирования, получения новых практических знаний и навыков, которые помогут рациональнее и эффективнее принимать решения.

Целью работы является разработка моделей интеллектуального анализа данных (ИАД) для поддержки принятия решений по управлению

образовательным процессом Донецкого национального университета, которые служат для ведения контингента студентов и учета индивидуальной нагрузки преподавателей.

Основная часть. Построение модели интеллектуального анализа данных является частью более масштабного процесса, в который входят все задачи, от формулировки вопросов относительно данных и создания модели для ответов на эти вопросы до развертывания модели в рабочей среде. Этот процесс можно представить как последовательность следующих шести базовых шагов: постановка задачи; подготовка данных; просмотр данных; построение моделей; исследование и проверка моделей; развертывание и обновление моделей. На рис.1 представлены связи между всеми шагами процесса и технологии Microsoft Analysis Services [2], которые можно использовать для выполнения каждого шага.



Рис. 1. Проведение интеллектуального анализа данных

Постановка задачи. Мы хотим найти связи между количеством студентов, нагрузкой преподавателей, учебными годами и получить прогнозы по набору студентов и обеспечению нагрузки. В качестве моделей будем использовать временные ряды Microsoft TimeSeries и упрощенный алгоритм Байеса Microsoft Naive Bayes [3].

Подготовка данных. Чтобы исключить ненужные для построения моделей данные и ускорить дальнейшую работу, создадим следующие представления в БД для распределения студентов: по учебным годам; по годам с группировкой по кафедрам; по годам с группировкой по курсам; по часам учебной нагрузки по учебным годам с группировкой по преподавателям; по часам учебной нагрузки по учебным годам с группировкой по дисциплинам (рис. 2).

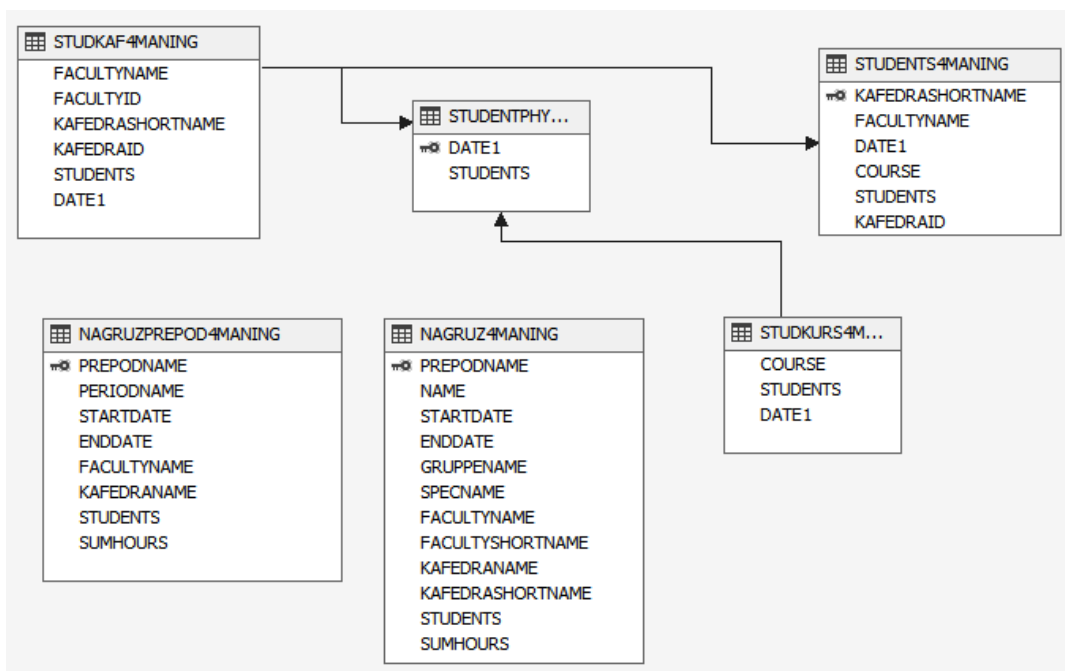


Рис. 2. Представление источников данных для интеллектуального анализа

Построение и проверка моделей. Для обработки с помощью службы Microsoft Analysis Services разработаны несколько моделей ИАД, некоторые упрощенные варианты приведены в табл. 1-4.

Таблица 1
Прогнозирования кол-ва студентов

Структура	STU DKURS4M ANING
	Microsoft_Time_Series
COURSE	Key
DATE1	Key
STUDENTS	PredictOnly

Таблица 2
Группировка по кафедрам

Структура	STU DKAF4M ANING
	Microsoft_Time_Series
DATE1	Key
KAFEDRAID	Input
KAFEDRASHORTNAME	Key
STUDENTS	PredictOnly

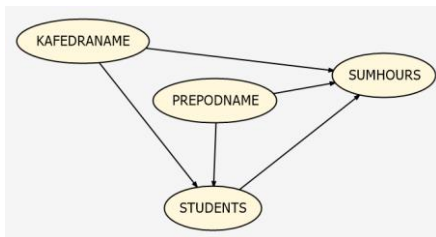
Таблица 3
Модель общего кол-ва студентов

Структура	STU DENTPHY S4M ANING
	Microsoft_Time_Series
DATE1	Key
STUDENTS	Predict

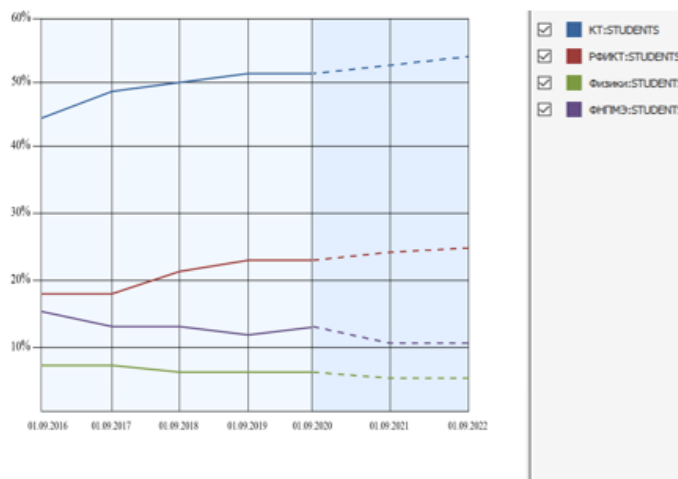
Таблица 4
Нагрузка преподавателей

Структура	NAGRU ZPREPOD 4M ANING
	Microsoft_Naive_Bayes
KAFEDRANAME	Input
PREPODNAME	Input

Развертывание и анализ моделей. На текущий момент для проведения полноценного анализа в базе накоплено еще слишком мало данных. Тем не менее, получена сеть зависимостей (рис.3, а) и проведено тестовое прогнозирование набора студентов на физико-технический факультет (рис.3, б). Прогнозирование базировалось на данных за 2014-2020 гг. Прогноз строился до 2022 г. и показал качественное совпадение с реальным трендом поступления студентов на направления подготовки факультета.



а



б

Рис. 3. Развертывание и анализ моделей

а - сеть зависимостей для алгоритма Байеса; б - результат тестового моделирования для студентов с группировкой по кафедрам

Выводы. Разработаны модели и проведен тестовый интеллектуальный анализ данных на базе SQL Server Analysis Services на примере контингента студентов физико-технического университета ДонНУ. Практическое значение результатов исследования заключается в возможности внедрения моделей ИАД в автоматизированную информационную систему университета.

Список литературы

1. Столяров Д. Ю. Использование автоматизированных систем управления в деятельности учреждений высшего профессионального образования в Российской Федерации (аналитический обзор) / Д. Ю. Столяров; под ред. А. Н. Тихонова. – Москва: ФГУ ГНИИ ИТТ «Информика», 2009. – 94 с.
2. Основная документация по Analysis Services | Microsoft Learn [Электронный ресурс]. – URL: <https://learn.microsoft.com/analysis-services/> (дата обращения: 02.09.2022).
3. Microsoft Naive Bayes Algorithm | Microsoft Learn [Электронный ресурс]. – URL: <https://learn.microsoft.com/analysis-services/data-mining/microsoft-naive-bayes-algorithm> (дата обращения: 02.09.2022).

СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ ПРЕСТУПНИКОВ С ПОМОЩЬЮ КАМЕР ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Бондаренко В.И., Нестругина Е.С., канд. техн. наук, доц.
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
kat4anez1@yandex.ua

Введение. В настоящее время технология распознавания лиц используется повсеместно. Камеры видеонаблюдения установлены в общественных местах, на стадионах, в аэропортах, метрополитенах, банках, магазинах, в местах большого скопления людей. Для современных систем видеонаблюдения очень актуальна задача обнаружения лиц людей в видеопотоке высокого разрешения в реальном времени [1].

Способность распознавать и находить людей, уже совершавших преступления в прошлом, жизненно важна и считается фундаментальной для эффективного поддержания порядка на улицах, предотвращения преступлений и проведения расследований. Главным средством повышения эффективности работы службы безопасности является обнаружение преступников в большом количестве людей, что позволяет задержать преступников сразу после совершения преступления или даже предотвратить его.

Для повышения точности распознавания нарушителей правопорядка, ученые решили создавать 3D-модели преступников, чтобы очевидцы могли рассмотреть их с разных ракурсов. Система распознавания многократно позволяет облегчить ручную работу специалистов, тем самым увеличить скорость поиска преступников в толпе [2].

Целью работы является разработка системы распознавания лиц преступников с помощью камер видеонаблюдения.

Основная часть. Возможность автоматически идентифицировать человека по его лицу с помощью видеокамер без каких-либо дополнительных операций по выяснению личности является очень важной для служб безопасности. На первом этапе компьютер должен понять, что такое лицо. Обучение происходит через алгоритм обучения глубокой нейронной сети, на примере огромного количества фотографий в различных приложениях. На втором этапе происходит распознавание лиц с помощью использования второй нейронной сети, которая получает серию фотографий и учится отличать одно лицо от другого.

Программное обеспечение измеряет геометрию лица, включая расстояние между глазами, носом и ртом и от подбородка до лба. Далее сеть выводит вектор для каждого лица – строку чисел, которая однозначно идентифицирует человека среди других в обучающем блоке. Программное обеспечение работает с видеоматериалами в режиме реального времени.

Компьютер сканирует кадры видео в местах скопления людей. Сначала он обнаруживает в кадре лица, а затем выдает векторы для каждого из них. Затем векторы лица сравниваются с векторами лиц людей в розыском списке. Все совпадения, которые проходят предварительно установленный порог, затем выделяются и отображаются [3].

При обнаружении подозреваемого, сотрудники полиции могут загрузить в компьютер снимки преступника из базы данных и просматривать записи с камер видеонаблюдения для отслеживания пути подозреваемого до места преступления [4].

Ошибочная идентификация может возникнуть при обучении нейронных сетей на различном количестве лиц из разных групп людей. Например, система обучалась на примере белых мужских лиц, но почти не использовала женские лица и лица людей с другим цветом кожи. В этом случае будет меньшая точность при распознавании последних двух групп и будет больше ошибочных идентификаций, в результате чего большее количество людей будет задержано ошибочно [5, 6].

Заключение. В последнее время камеры видеонаблюдения и системы идентификации лиц становятся все популярнее. В современном мире необходима система, которая будет обеспечивать безопасность общественных мест. Однако, несмотря на то, что система идентификации лиц будет выполнять большую часть работы, все же полностью заменить человека в поисках преступников в ближайшее время не представляется возможным, так как только живой человек может с полной уверенностью определить, является ли человек беглым преступником или нет.

Список литературы

1. Джонс М. Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях / М. Т. Джонс. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 312 с.
2. Аракелян С. М. Аппаратно-программный комплекс автоматизированного распознавания и биометрической идентификации людей / С. М. Аракелян, А. С. Голубев, А. В. Духанов // Телематика'2010: Тр. XVII Всерос. науч.-метод. конф. – 2010. – С. 253-254.
3. Кудряшов П. П. Быстрый поиск человеческих лиц на изображениях / П. П. Кудряшов, С. А. Фоменков // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2017. №7. – С. 14-17.
4. Viola P. Robust real-time face detection / P. Viola, M. Jones // International J. of computer vision. – 2014. -Vol. 57 (2). – P. 137-154.
5. Квасов Д. С. Обнаружение и идентификация лиц на растровом изображении с применением метода Виолы и Джонса / Д. С. Квасов, И. И. Зиновьев, И. Г. Кокорин // Телематика 2010: Тр. XVII Всерос. науч.-метод. конф. – 2010. – С. 253-254.
6. Архипов А. Ю. Основные направления и проблемные вопросы использования банков данных видеоинформации в деятельности оперативных подразделений при раскрытии преступлений / А. Ю. Архипов // Вестник Нижегородской академии МВД России. – 2015. – № 1. – С. 214-215.

АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ МОНИТОРИНГА ИНТЕРНЕТ-РЫНКА АВТОМОБИЛЕЙ

Бригида А.А.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
milleaxelb@gmail.com

Введение. Мониторинг цен – неотъемлемая часть работы крупных поставщиков. Учитывая специфику процесса и возрастающий объем данных, автоматизированные решения для отслеживания цен быстро набрали популярность. Регулярно осуществляемый мониторинг позволяет иметь актуальную базу данных об уровне цен на рынке. Это необходимо для достаточной информированности при принятии решений для поставщиков товаров.

Актуальность. Актуальность выбранной темы обусловлена значимостью ценовой политики на любом предприятии поставщиков товаров. Как показывает практика, наличие инструментов ценового мониторинга у любого поставщика повышает эффективность ценообразования. На примере компании Decathlon, которая использовала продукт для мониторинга рынка Omnia Retail, можно увидеть результаты реализации правильной маркетинговой стратегии на основе актуальных данных. Decathlon NL увеличил конверсию на 80 %, сэконобил 20 часов ручного труда в месяц, а окупаемость инвестиций в рекламу выросла на 50 % [1].

Цель работы – рассмотреть и проанализировать работу приложений и программных решений, связанных с мониторингом интернет рынков. Выделить их преимущества и недостатки для дальнейшей проектировки прототипа программного решения.

Основная часть.

В процессе анализа существующих решений были выделены общие черты существующих программных решений мониторинга интернет рынка:

1. Предоставление полученной информации в виде таблицы данных с характеристиками и ценами товаров.
2. Мониторинг цен нескольких различных источников.
3. Сопоставление цен различных поставщиков на конкретный товар.
4. Возможность установки конкретных критериев мониторинга.

Отличительные черты существующих решений для мониторинга интернет рынка товаров продемонстрированы в таблице [2].

1. Удобство выгрузки данных для последующей их интеграции в различные СУБД.

2. Периодическое обновление данных для поддержки их актуальности.

3. Возможность детальной аналитики по необходимым пользователю критериям для построения наиболее эффективной финансовой стратегии.

Таблица

Список существующих решений

Название продукта	Отличительные черты
Comperera	<ul style="list-style-type: none"> - быстрая и детальная аналитика; - простое интегрирование в сторонние ресурсы; - защита персональных данных; - концепция “Все в одном”; - система обучения;
Metacommerce	<ul style="list-style-type: none"> - автоматическое сопоставление товаров с товарной матрицей компании; - ежедневное обновление цен; - отдельный сбор данных по регионам; - интеграция с ERP-, CRM-системами и веб-аналитикой; - единая структура хранения информации о товарах;
Z-PRICE	<ul style="list-style-type: none"> - всегда актуальные данные; - разнообразие отчетов; - многопоточная система обновления данных; - сканирование в реальном времени; - возможность интеграции в сторонние ресурсы;
iDatica	<ul style="list-style-type: none"> - настройка парсинга общедоступных данных с любого сайта; - очистка данных, удаление дубликатов для дальнейшего анализа; - выгрузка данных в формате CSV или EXCEL; - настройка периодичности сбора данных;
Мониторинг цен конкурентов	<ul style="list-style-type: none"> - единовременная оплата.; - неограниченное количество товаров; - анализ дополнительных параметров;

В процессе исследования были выделены следующие особенности, которые наиболее необходимы в программном продукте:

В результате изучения состояния вопроса стало понятно, что реализация подобных программных продуктов возможна путем парсинга сайтов интернет магазинов. В связи с этим, были выделены наиболее актуальные проблемы, возникающие при парсинге сайтов интернет-магазинов:

1. Защита от парсинга [3]. Подобная защита является наиболее частой проблемой при парсинге сайтов интернет-магазинов, поскольку не каждый сайт готов предоставлять свою информацию для сбора автоматическим путем. В связи с этим существует множество способов защиты от программ-парсеров, что вызывает необходимость проработки вариантов обхода этой защиты у каждого сайта для адекватной работы программы.

2. Плохое качество получаемых данных [4]. Большое количество извлекаемых данных способствует тому, что могут извлекаться

неправильные или неполные данные могут. Это, в свою очередь, может привести к отправке искаженной информации в базу данных, что, в свою очередь, приведет к проблемам при анализе результатов и составлении бизнес-плана. В связи с этим, при парсинге сайтов необходимо производить процесс тестирования, чтобы проверить корректность получаемой информации.

Во время рассмотрения наиболее актуальных проблем парсинга сайтов, были выделены следующие способы решения данных проблем:

1. Установка задержки между запросами к веб-ресурсу, что позволяет имитировать человеческое поведение, для избегания блокировки веб ресурсом[5].

2. Смена ip адреса. Поскольку защищенные от парсинга сайты, периодически блокируют ip компьютера с парсером, то смена ip адреса позволит вновь приступить к работе, если ip был ранее заблокирован.

3. Процесс тестирования и проверки данных является решением проблемы при плохом качестве получаемых данных. При этом проверка и тестирование должны проводиться на регулярной основе, поскольку обновления сайтов могут приводить к новым источникам некорректной информации.

Выводы. Был проведен анализ существующих решений по мониторингу различных интернет-рынков. В процессе анализа были выявлены и составлены критерии для дальнейшей работы над программным решением поставленной задачи.

Список литературы

1. Мониторинг Топ-15 сервисов для мониторинга цен ваших конкурентов // vc.ru URL: <https://vc.ru/services/98642-top-15-servisov-dlya-monitoringa-cen-vashih-konkurentov> (дата обращения: 08.09.2022)
2. Сервисы мониторинга цен: приложения, программы, виджеты // Coba URL: <https://coba.tools/analitika/monitoring-cen> (дата обращения: 09.09.2022)
3. 10 частых проблем парсинга сайтов // Парсик URL: <https://www.parsic.ru/post/10-chastyh-problem-parsinga-sajtov.html> (дата обращения: 09.09.2022)
4. Проблемы при парсинге сайтов. Минусы парсинга интернет-магазинов // MARKETOL-OK URL: <https://marketol-ok.ru/problems-pri-parsinge/> (дата обращения: 10.09.2022)
5. Обход защиты от парсинга. // OldCode URL: <http://old.code.mu/books/advanced/php/parsing/obhod-zashchity-ot-parsinga.html> (дата обращения: 10.09.2022)

СРАВНЕНИЕ ПОДХОДОВ К АВТОМАТИЧЕСКОМУ ИСПРАВЛЕНИЮ ОШИБОК В ТЕКСТЕ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СВОЕГО МЕТОДА, ВСТРОЕННОГО В СИСТЕМУ АНАЛИЗА МНЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Ермоленко Т.В., канд. техн. наук, доц., *Иванилов Б.Г.*
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
beammaniac.dev@gmail.com

Введение. Система анализов мнений является одной из неотъемлемых частей успешной работы сервисов: видеохостингов, интернет-магазинов, сайтов по предоставлению услуг, многоцелевых сайтов и т. д. Благодаря результатам этой системы формируется, утверждается и меняется стратегия дальнейшего их развития, что вследствие может обеспечить репутацию надёжного сервиса, доверия со стороны клиентов и прибыль, а самим клиентам – качественный продукт или качественно оказанную услугу. Корректность исходных данных (например, отзывов) есть условие правильной работы системы. Во время формирования людьми отзывов могут возникать ошибки ввиду уровня грамотности, уровня владения компьютером или смартфоном, человеческого фактора и других причин. Контекстно-зависимая автокоррекция необходима для приведения данных к приемлемому для системы виду, что позволит обеспечить сервисам эффективную и быструю работу.

Актуальность. Существуют 4 основных мотива подбирать продукт или услугу пользователем посредством изучения отзывов: информативное поведение, минимизация рисков, потребность в качестве и социальная принадлежность [1]. Отзывы влияют на SEO сайта: улучшают поведенческие факторы и сниппет страницы, создают уникальный контент с ключами, повышают конверсию [2]. Поскольку услуги и товары предоставляются письменной речью, правильно написанный текст вызывает доверие у клиента. Орфографические ошибки влияют на коэффициент конверсии, снижая его на 80%. Игнорировать их могут лишь в случае высокой мотивации и лёгкости совершаемого действия [3]. Переформулировкой поискового запроса занимаются лишь 10% пользователей [4], а для переформулировки текста потребуется больше усилий, а значит процент таковых будет ещё меньше.

Цель работы – изучить существующие методы автоматического исправления ошибок в тексте на основе глубоко изучения, сравнить их, выделить преимущества и недостатки.

Основная часть. В ходе исследования были рассмотрены три метода: рекуррентные нейронные сети (RNN), нейронные сети с долгой краткосрочной памятью и нейронный машинный перевод.

Архитектура RNN описывается формулой:

$$h_t = f(W_h h_{t-1} + W_x x_t + b_f). \quad (1)$$

Здесь x_t – текущий элемент обрабатываемой последовательности, W_h , W_x и b_f – параметры модели, f – нелинейное преобразование элементов вектора (как правило, гиперболический тангенс), h_t – выход или скрытое состояние (термины равнозначны). RNN используют полученную ранее информацию для решения последующих задач, например, уже полученные видеофрагменты для анализа последующих и справляется со множеством задач обработки естественно языка (NLP). Иногда для решения задачи требуется просмотреть только последнюю информацию. В тех случаях, когда разрыв между предыдущей информацией и местом, в котором она нужна, невелик, RNN справится с задачей, однако контекста требуется больше. Это порождает проблему потери связи между информацией.

Проблема была решена архитектурой с долгой краткосрочной памятью (LSTM), выраженная в формулах:

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f), \quad (3)$$

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i), \quad (4)$$

$$s_t = \tanh(W_s \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_s), \quad (5)$$

$$c_t = f_t * c_{t-1} + i_t * s_t, \quad (6)$$

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o), \quad (7)$$

$$h_t = o_t * \tanh(c_t), \quad (8)$$

где $*$ – покомпонентное произведение векторов. В отличие от RNN, в LSTM имеется дополнительная ячейка памяти c_t , способствующая избегать потери связи между информацией, а также фильтры i_t , o_t и f_t для её обновления. Если учесть разметку последовательностей, то модель можно применить к задаче исправления произвольных ошибок, рассматривая в качестве классов, к которым может принадлежать элемент, множество всех слов обучающей выборки. Модель описана формулой:

$$h_t = f(h_{t-1}, w_t), \quad (9)$$

$$p_i = \text{softmax}(W_s h_t + b_s), \quad (10)$$

где f – преобразования, выполняемые LSTM-ячейкой, w_t – векторное представление текущего элемента последовательности, W_s и b_s – параметры модели, p_i – вектор размерности s , элементы которого принадлежат отрезку $[0; 1]$ и в сумме дают 1. Этот вектор интерпретируется как вероятностное распределение принадлежности элемента w_t к каждому из s классов. В качестве классов здесь могут выступать части речи, нормальные формы слов и т.п. Такие модели обучаются на размеченных данных путем максимизирования вероятности заданного класса входных элементов за счет изменения параметров LSTM, W_s и b_s . В данной модели длины входной и выходной последовательностей всегда равны между собой, что накладывает ограничение на исправление написания частиц слитно или раздельно, выбор дефиса или пробела, пропуск запятой и подобных ошибок в тексте.

Нейронный машинный перевод может решить проблему, указанную выше. Он состоит из двух рекуррентных сетей: кодировщика и декодировщика. Кодировщик обрабатывает входную последовательность и получает вектор фиксированной длины (самый простой способ – взятие последнего выхода кодировщика, в котором, предположительно, присутствует о всей последовательности). Декодировщик по полученному вектору генерирует выходную последовательность. В процессе обучения максимизируется вероятность ожидаемой выходной последовательности при условии входной:

$$p(t|s) = \prod_{j=1}^m p(t_j|t_{<j}, s_{\leq n}), \quad (11)$$

где s – входная последовательность длины n , а t – выходная последовательность длины m . Применительно к машинному переводу, в качестве последовательностей выступают предложения. Из чего можно сделать вывод, что данная модель является самой оптимальной [5].

Выводы. Проведено исследование методов автоматического исправления ошибок в тексте на основе глубоко изучения. Выявлены преимущества и недостатки, отобран подходящий метод для дальнейшей разработки.

Список литературы

1. Impact of Online Product Reviews on Purchasing Decisions // ResearchGate URL: https://www.researchgate.net/publication/302973824_Impact_of_Online_Product_Reviews_on_Purchasing_Decisions (дата обращения: 02.09.2022).
2. Шесть причин, почему отзывы влияют на SEO // vc.ru URL: <https://vc.ru/seo/124861-shest-prichin-pochemu-otzyvy-vliayut-na-seo?ysclid=l809uuofeb801017148> (дата обращения: 02.09.2022).
3. Как орфографические ошибки на лендинге влияют на вашу прибыль? // LPgenerator URL: <https://lpgenerator.ru/blog/2016/01/25/kak-orfograficheskie-oshibki-na-lendinge-vliayut-na-vashu-pribyl/?ysclid=l80b19vt5r786500361> (дата обращения: 02.09.2022).
4. Тестим автокорректоры для исправления опечаток в поисковых запросах (спойлер: идеального не нашли) // Хабр URL: <https://habr.com/ru/company/sbermegamarket/blog/673614/?ysclid=l80cl6cn2b368881234> (дата обращения: 02.09.2022).
5. Исправление ошибок в русскоязычных текстах с помощью нейронных сетей // Управление данными и информационные системы URL: <https://seminar.at.ispras.ru/wp-content/uploads/2018/07/aksenov-diplom.pdf> (дата обращения: 05.09.2022).

ПРОБЛЕМЫ АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ ТЕКСТА В СИСТЕМЕ АНАЛИЗА МНЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Ермоленко Т.В., канд. техн. наук, доц., *Кравченко О.А.*
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
oksa.051199@gmail.com

Введение. Анализ тональности – это наиболее распространенный инструмент классификации текста, который анализирует входящее сообщение и определяет, является ли лежащее в его основе настроение позитивным, негативным или нейтральным [1].

Актуальность. Кино рецензии являются важным способом оценки качества любого фильма. В то время как рейтинг в виде звезд говорит нам об успехе или провале фильма количественно, рецензии на фильм рецензии дают нам более глубокие качественные показатели. Идентификация слов мнения, зависящих от области, является ключевой проблемой в анализе настроений и изучалась различными исследователями. Однако существующие работы больше сосредоточены на прилагательных и, в некоторой степени, на глаголах. Ограниченная работа была проведена по существительным и фразам существительных[2].

Цель работы – рассмотреть и проанализировать существующие методы анализа тональности.

Основная часть. Анализ тональности обычно используется для классификации полярности заданных текстовых данных на уровне документа, предложения или фразы. Анализ тональности обычных текстов, таких как обзорные документы, считается намного проще, чем анализ данных твитов. Это объясняется небольшой длиной твитов, частым использованием неформальных и нерегулярных слов, а также быстрым развитием языка в Твиттере [4]. Он используется для того, чтобы разделить данные текста на категории: положительные, отрицательный или нейтральный, а иногда также используется для обозначения эмоциональных состояний, таких как "беспокойство", "возбуждение" и "счастье". Истинное значение содержания также очень трудно понять, поскольку различия между чувствами, мнениями, настроениями и эмоциями в контексте обработки естественного языка также очень различно и может быть понято из описания М. D. Munezero и С. S. Montero [3].

Ниже приведены основные 8 проблем, с которыми чаще всего сталкиваемся:

1. Неявные чувства и сарказм

Существует вероятность того, что в предложении может не быть ни одного слова, несущего настроение, но может быть неявное настроение.

Например, гарнитура сломалась через два дня. В предложении нет ни одного слова, несущего негативное настроение, хотя это негативное предложение. Таким образом, определение семантики более важно для анализа тональности, чем определение синтаксиса.

2. Национальные особенности

Существует множество слов, полярность которых, т.е. положительная, отрицательная или нейтральная, меняется от области к области. Например, вам лучше прочитать книгу. В этом случае передаваемое чувство имеет положительное значение в области книг, но отрицательное в области фильмов.

3. Обманутые ожидания

Иногда автор устанавливает намеренный контраст. Например, "Этот фильм должен быть потрясающим. Кажется, что у него потрясающий сюжет, что в нем участвуют самые любимые актеры, что актеры второго плана отлично справляются со своей работой. Однако он не выдержал." Даже благодаря наличию слов, имеющих положительную направленность, общее настроение этого предложения является отрицательным из-за решающего последнего предложения, в котором четко выражена отрицательная полярность. В то время как при традиционной классификации текста это предложение было бы классифицировано как положительное из-за присутствия более частотных положительных терминов, поскольку при традиционной классификации текста частота термина более важна, чем сам термин.

4. Прагматика

Необходимо определить прагматику, так как это может полностью изменить настроение. Например, "Я только что посмотрел фильм «Самая уродливая девушка в городе»". Капитализация может быть использована с тонкостью для обозначения настроения. Это обозначает позитивное настроение.

5. Мирозрение

Иногда для выявления чувств требуется мирозрение. Например, "Он – Франкенштейн". Первое предложение отражает негативное настроение, но для определения настроения необходимо знать значение слова Frankenstein. Таким образом, для лучшего понимания фраз необходимы знания.

6. Обнаружение субъективности

Обнаружение субъективности – это различие между текстом с мнением и текстом без мнения, то есть между чьим-то мнением и изложенным фактом. Для улучшения работы системы мы удаляем субъективность из слов, чтобы получить объективные факты. Например, 1) Я ненавижу любовные романы. 2) Мне не нравится сериал "Ненавистники отстают". Первый пример представляет объективный факт, т.е. отрицательный, в то время как второй пример отражает мнение о

конкретном фильме. является негативным чувством, а не словом "ненависть".

7. Идентификация субъекта

В тексте или предложении может быть несколько сущностей. Важно выяснить, к какому субъекту направлено мнение. Например, Royal Tigers победили Chennai Super Kings в матче IPL. Здесь пример является положительным для Royal Tigers и отрицательным для Chennai Super Kings.

8. Работа с отрицанием

Отрицание может быть выражено даже без явного использования каких-либо отрицательных слов. Метод, используемый для явного выражения отрицания в предложениях типа "Мне не нравится фильм", заключается в изменении полярности всех слов, появляющихся после слов для выражения отрицания (типа не). Например, "Мне понравилась не только игра актеров, но и режиссура". В данном случае полярность не меняется после "не" из-за наличия "только".

Выводы. Проведено исследование существующих проблем, что возникают при анализе тональности текста мнений пользователей. Выполнен анализ, выявлены и составлены критерии для дальнейшей работы.

Список литературы

1. Subhabrata Mukherjee, Pushpak Bhattacharyya, Sentiment Analysis: A Literature Survey. Available at Cornell University, Computer Science Department, Computation and Language/arxiv.org/abs/1304.4520, 2013, JOUR. (дата обращения: 12.09.2022)
2. Lei Zhang, Bing Liu, Identifying Noun Product Features that Imply Opinions, Proceedings of the 49th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: short papers, pages 575–580, Portland, Oregon, June 19-24, 2011. c 2011 Association for Computational Linguistics (дата обращения: 12.09.2022)
3. M. D. Munezero, C. S. Montero, E. Sutinen, and J. Pajunen, "Are they different? Affect, feeling, emotion, sentiment, and opinion detection in text," IEEE transactions on affective computing, vol. 5, no. 2, pp. 101–111, 2014. B. Liu, "Sentiment analysis and opinion mining," Synthesis lectures on human language technologies, vol. 5, no. 1, pp. 1–167, 2012. (дата обращения: 12.09.2022)
4. Dos Santos, C., & Gatti, M. (2014, August). Deep convolutional neural networks for sentiment analysis of short texts. In Proceedings of COLING 2014, the 25th International Conference on Computational Linguistics: Technical Papers (pp. 69-78). (дата обращения: 12.09.2022)
5. P.-W. Liang and B.-R. Dai, "Opinion mining on social media data," in Mobile Data Management (MDM), 2013 IEEE 14th International Conference on, 2013, vol. 2: IEEE, pp. 91-96. (дата обращения: 12.09.2022)

ВЕКТОРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ И МАКРООБЪЕКТОВ

Звягинцева А.В., д-р техн. наук, доц.

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

a.zvyagintseva@donnu.ru

Введение. Проблема оценки комплексного развития социально-экономических, экологических или производственных систем, например, устойчивого, сбалансированного, ускоренного и т.п., пока не имеет своего теоретического решения. Учет векторов развития макрообъектов в пространстве нескольких показателей, а также формирование метрических систем для измерения их состояний позволяет провести комплексное сравнение макрообъектов между собой по группам выбранных показателей, характеризующих различные аспекты развития.

Для оценки уровня и темпов развития макрообъектов, а также попарного их сравнения между собой по совокупности показателей целесообразно применение комплексных критериев на основе векторного представления процессов развития в многомерных пространствах состояний для заданных периодов времени [1].

Целью статьи является совершенствование представлений и аналитическое описание процессов развития однородной группы макрообъектов на основе векторного изображения динамических изменений, которые характерны для их состояний.

Основная часть. В данной работе предложен метод комплексной оценки процессов развития сложных систем / макрообъектов в многомерных пространствах их состояний за счет построения векторов развития за определенно заданный период времени. С этой целью формируется многомерное пространство состояний для однородной группы макрообъектов (страны, регионы, города, предприятия, популяции и т.д.) с учетом одинакового количества их свойств – переменных состояния z_1, z_2, \dots, z_n . Выбирается определенный период времени $\Delta \tau$ и для каждого объекта строится многомерный вектор развития между двумя соответствующими состояниями (начало и конец вектора за период $\Delta \tau$). На основе выделенного спектра процессов из всего множества процессов, формируется базовый (опорный) вектор, отвечающий определенному аспекту развития и удовлетворяющий заданным критериям (устойчивости, прогрессивности, сбалансированности и т.д.).

Критерии сравнения процессов развития формируются на основе различных отношений базового вектора с векторами, построенными для каждого объекта. Для этого могут сравниваться длины многомерных

векторов, их проекции на базовый вектор, различные векторные характеристики в пространстве состояний и т.д.

Например, сформируем две контрольные группы объектов из одного класса, которые могут иметь различное количество экземпляров класса с заданными параметрами свойств – переменными состояниями z_1, z_2, \dots, z_n . В общем пространстве состояний можно построить многомерные векторы, характеризующие в целом направления развития экземпляров класса. Если для одной из групп усреднить переменные состояния, то можно получить характеристики базового вектора, как эталона для сравнения $\vec{F}_1 = F_b(z_1, z_2, \dots, z_n)$.

Значение модулей базового вектора и каждого вектора \vec{F}_{2n} второй контрольной группы можно использовать в качестве одного из критериев комплексной оценки. На основе базового вектора можно создать метрическую шкалу, измерения по которой позволят сравнивать процессы развития объектов между собой. В данном случае критерий θ , как мера сходства состояний объектов в процессе развития за определенный период времени, будет находиться по отношению геометрической длины каждого вектора $|\vec{F}_{2n}|$ к длине базового вектора $|\vec{F}_1|$:

$$\theta = \frac{|\vec{F}_{2n}|}{|\vec{F}_1|}. \quad (1)$$

Следует отметить, что критерий сравнения может характеризоваться не только длиной, но и направлением развития в пространстве состояний объектов. Поэтому вторым критерием развития объектов по отношению к базовому вектору может выступать угол между базовым вектором и вектором развития объекта:

$$\cos \varphi = \frac{\vec{F}_1 \cdot \vec{F}_{2n}}{|\vec{F}_1| |\vec{F}_{2n}|}, \quad (2)$$

где φ – угол между векторами \vec{F}_1 и \vec{F}_{2n} .

Чем меньше угол φ , тем больше направление развития анализируемого объекта приближается к приоритетному развитию контрольной группы, которая соответствует базовому вектору.

Интегральную оценку развития каждого объекта можно также проводить по значениям проекции многомерного вектора \vec{F}_{2n} на базовый вектор \vec{F}_1 и последующего попарного сравнения объектов между собой согласно критерия:

$$K_u = \frac{|\vec{F}_{2n}| \cos \varphi}{|\vec{F}_1|}. \quad (3)$$

Объект с большим значением критерия K_u будет являться более развитым по отношению к объекту с меньшим значением такого критерия.

Данный подход использовался при изучении процессов социально-экономического развития регионов России по следующим семи показателям: валовой региональный продукт (z_1), среднедушевые доходы (z_2), средний размер пенсий (z_3), объем перевозок грузов (z_4), объем экспорта (z_5) и импорта (z_6), а также объем выполненных работ в строительстве (z_7). Для изучения экологической устойчивости указанных регионов применялись шесть показателей: инвестиции на охрану окружающей среды (z_8), выбросы загрязняющих веществ (z_9), забор воды из природных объектов (z_{10}), сброс сточных вод (z_{11}), энергоемкость ВРП (z_{12}) и младенческая смертность (z_{13}). Для исследований использована база данных [2], включающая статистическую информацию по указанным 13 показателям в период с 2012 года. На основе созданных шкал социально-экономической и экологической устойчивости выполнено сравнение регионов России по комплексу показателей. В пятерку регионов с высоким уровнем социально-экономической устойчивости входят Сахалинская, Белгородская, Калининградская области, Республика Алтай и Тюменская область, тогда как низкий уровень отмечен в Костромской, Рязанской, Кировской и Тверской областях, а также в Чувашской Республике. Полученные результаты указывают на то, что значительная доля регионов одновременно не является социально-экономически и экологически устойчивыми. Большая часть регионов-лидеров являются промышленно-развитыми, оказывающими существенное влияние на окружающую среду. К регионам с низким уровнем экологической устойчивости относятся Республика Бурятия, Тюменская область, Приморский край, Чукотский автономный округ и Республика Коми. В большей части это обусловлено высоким объемом выбросов загрязнителей от автотранспорта, забором воды из природных водных объектов, а также загрязнением сточных вод.

Заключение. Разработаны многомерные векторные критерии для комплексной оценки и представления процессов развития сложных систем и макрообъектов. С помощью предложенного подхода и критериев выполнено сравнение 78 регионов России по показателям устойчивого развития. Предложенный подход позволяет компоновать группы из нескольких показателей, характеризующих различные аспекты развития макрообъектов, осуществлять аналитическое описание и сравнение процессов их развития на основе методов векторного анализа.

Список литературы.

1. Аверин Г. В. О проблеме измеримости состояний сложных систем / Г. В. Аверин, А. В. Звягинцева, А. А. Швецова // Мягкие измерения и вычисления. Т. 37, №12, 2020. – С. 18–30.
2. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. Стат. сб. / Росстат. Электр. рес. URL: https://www.gks.ru/storage/mediabank/Reg_sub21.pdf (15.09.22).

АНАЛИЗ ЗАПАТЕНТОВАННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-ДУХОВНЫХ СРЕДСТВ, ИХ НОРМАЛИЗУЮЩИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДЛЯ САМОРЕГУЛЯЦИИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ЛИЧНОСТИ

Изосимова С.А., Пигуз В.Н., Ивашко К.С.

ГУ «Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк, РФ
izosimova.snezhana@mail.ru

Введение. Особого внимания в области использования интеллектуально-духовных средств для саморегуляции психоэмоционального состояния личности заслуживает психометрический подход, родоначальником которого является Ганс Айзенк. Он базируется методе расчета свойств личности – экстраверсии и нейротизме, образующих психометрические оси. В области нейротизма им предложено несколько вариантов опросников, базирующихся на количественной оценке процессов возбуждения и торможения нервной системы. Также исследуются процессы экстра- и интроверсии (направление личности внутрь и вовне себя. Данным этапам предшествуют ответы на контрольную группу вопросов, позволяющие с большей степенью достоверности оценивать искренность тестируемого. Данный шаг позволяет отклонять данные с низкой достоверностью. Однако говорить об объективной степени оценки нарушения эмоционального состояния невозможно.

Использование интеллектуально-духовных средств – позитивные и негативные стороны. В работах В. Вундта и Дж. Рассела эмоциональному фактору, его влиянию на психофизиологическое состояние личности уделяется гораздо больше внимания. Ученые наглядно иллюстрируют переход от макро- к микроуровню – базовому аффекту и эмоциям, т.е. тому состоянию, в котором эмоция является мерой физической величины. Большинство эмоций – двухфакторные, основными их параметрами выступает знак эмоции – положительный / отрицательный. Также уровень эмоциональной выраженности – высокая или низкая.

Однако, результаты данных тестирований, записанные на бумаге, требуют компьютерной обработки для экономного использования времени и сил. Кроме того, компьютерная обработка полученных результатов позволит создать БД для хранения и получения результатов по первому требованию. Предоставить «поперечный» (результаты единовременного массового обследования группы лиц разных возрастных категорий) и «продольный» (результаты повторного, либо многократного обследования одной и той же группы лиц) срезы эмоционального состояния личности.

Включение компьютерных систем позволяет значительно сократить временные рамки самого процесса тестирования эмоционального

состояния как в индивидуальном, так и в коллективном порядке. В качестве примера используем запатентованную группой авторов (Б.С. Зайцев, Н.В. Шумилов, Е.В. Глебова и др.) «Автоматизированную систему оценки и тренинга профессионально важных качеств инженерно-технических работников» (2016 г.).

Коррекцию эмоционального состояния проводят при помощи виртуальной реальности, вводящей человека в трансное состояние. Саму форму коррекции определяют индивидуально – как директивную или недирективную. В основе которой индивидуальный тип личности. Для этого также используется искусственный интеллект: обучающиеся нейроматрицы, в том числе на миварных, робастных и других математических принципах работы, попадающих под определение искусственного интеллекта.

Для безмедикаментозного воздействия на эмоциональное состояние человека можно использовать синкретический способ информационного, психоэмоционального и ассоциативного воздействия на организм. Данный способ запатентован О.Ю. Шевченко и М.С. Меркуловым «Способ информационного, психоэмоционального и ассоциативного воздействия на состояние человека» (2018 г.). Прежде всего, на человека воздействуют зрительными образами путем размещения перед тестируемым трех экранов, подключенных к блоку управления. На первый экран информация подается в форме текстовых конструкций стихотворного характера. На второй экран подается воздействующая информация статического характера, в образной форме раскрывающая суть того или иного жизненного процесса. На третий экран подаются статичные или анимированные изображения, отражающие визуальный ориентирующий образ, несущий смысловое, эмоциональное и эстетическое значение. Воздействие на пользователя производится циклами. В обязательном порядке по окончании одного цикла и перед началом нового проводится диагностика психофизиологического состояния человека. Полученные данные сравниваются с данными предыдущего этапа для определения эффективности лечения.

Интеллектуально-духовные средства, используемые для саморегуляции эмоционального состояния личности сегодня, направлены на создание компьютерной модели ориентированного сознания с использованием смысловых сигналов, построенных на универсальных элементах культурной информации, предоставляемой ИТ-технологиями, с возможностью их индивидуальной интерпретации каждым человеком. Таким образом происходит единение нейрофизиологии, теории сознания, лингвистики, психофизиологии, интегративной антропологии на базе технологии искусственного интеллекта.

В настоящее время методика комплексного анализа личности с последующей интеллектуально-духовной реабилитацией также вышла на новый технологический уровень. Свести к минимуму психофизиологические последствия стресса, повысить эффективность деятельности, при этом минимизировав внутренние затраты, такие как: психофизио-

логические, эмоциональные, физические и т.п., возникающие при рабочей деятельности поможет создание новой экспертной системы комплексного анализа личности (ЭСКАЛ), запатентованная А.М. Билым, «Экспертная система комплексного анализа личности (ЭСКАЛ)» (2015 г.).

Выводы. Человек и машина создают максимально успешный симбиоз вместе, а не по отдельности. Психоэмоциональный аспект данного вопроса разрабатывается в НИР, проводимой на базе ГУ «ИПИИ», «Исследование эффективного использования безмедикаментозных методов и средств интеллектуально-духовной терапии для саморегуляции различных психоэмоциональных состояний личности». ИИ и человек – это не взаимозаменяемые, а взаимодополняющие ресурсы. Залогом успешного развития, хоть в бизнесе, хоть в науке, является не экономия уже имеющихся ресурсов, а постоянный процесс введения инноваций.

Список литературы

1. Сазонова Маргарита. Искусственный интеллект и этика: эксперты оценили проект нового кодекса [Электронный ресурс] // ГАРАНТ.РУ (Российский информационно-правовой портал). – Режим доступа: <https://www.garant.ru> > article (дата посещения: 12.07.2022 г.; 17.07.2022 г.).
2. Иванова С. Б. Особенности и результаты групповой компьютерной диагностики и безмедикаментозной терапии психоэмоциональных состояний трудового коллектива в эксперименте / С. Б. Иванова, И. С. Сальников, Р. И. Сальников // Проблемы искусственного интеллекта / International Peer-Reviewed Scientific Journal «Problems of Artificial Intelligence», ISSN 2413-7383. – 2021, № 1 (20). – С. 44–52.
3. Сальников И. С. Программный продукт для компьютерной диагностики и самооценки доминирующего эмоционального состояния личности по дифференциальной шкале эмоций Изарда / И. С. Сальников, Р. И. Сальников, Т. Д. Ключанова // Материалы Донецкого международного круглого стола «Искусственный интеллект: теоретические аспекты и практическое применение. ИИ – 2021». – Донецк: ГУ «ИПИИ», 27.05.2021 г. – С. 74–78.
4. Сальников И. С. Проблема научной классификации эмоций / И. С. Сальников // Материалы Донецкого международного круглого стола «Искусственный интеллект: теоретические аспекты и практическое применение. ИИ – 2021». – Донецк: ГУ «ИПИИ», 27.05.2021 г. – С. 69–74.
5. Нечаев В. Д. Цифровое поколение: психолого-педагогическое исследование проблемы / В. Д. Нечаев, Е. Е. Дурнева // Педагогика. – 2016, № 1. – С. 36–45.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТУПА НА РЕЖИМНЫЙ ОБЪЕКТ

Колягин И.В., Нестругина Е.С., канд. техн. наук, доц.
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
dovakin7776@gmail.com

Введение. Распознавание лиц в целях обеспечения безопасности является одним из наиболее перспективных методов биометрической бесконтактной идентификации человека по лицу, используемым для контроля доступа сотрудников на режимные объекты. Бесконтактные технологии в области идентификации личности в настоящее время наиболее востребованы из-за пандемии коронавируса в мире и потребности решения проблем гигиены поверхностей, имеющих место, например, при использовании контактных сканеров отпечатков пальцев. Согласно прогнозам аналитиков, среднегодовой рост объема мирового рынка бесконтактных биометрических технологий на базе распознавания лиц составляет 20 % [1].

Целью работы является разработка системы распознавания лиц для обеспечения доступа на режимный объект.

Основная часть. В настоящее время в системах контроля и управления доступом все более широкое применение находят биометрические технологии идентификации личности. Традиционные способы идентификации личности, такие как идентификационные карты, ключи или уникальные присвоенные человеку идентификационные данные, которые нужно держать в памяти или можно потерять, не являются достаточно надежными. Биометрическая идентификация производится по уникальной индивидуальной информации, потерять которую или подделать практически невозможно [1, 2].

Немаловажным является простота применения в системах безопасности биометрических технологий распознавания по лицу. Человек, характеристики которого сканируются, не испытывает никаких неудобств. Кроме того, распознавание лица – это удобная и практичная функция идентификации без пароля. Сама технология относится к области применения теории распознавания образов, а задачи распознавания относятся к проблематике искусственного интеллекта [3].

Распознавание лица осуществляется путем сопоставления изображений лиц людей, попавших в объектив камеры, с ранее сохраненными фотографиями сотрудников организации в базе данных.

Сейчас используются две основные технологии распознавания лиц: 2D-технологии, в которых распознавание производится по геометрии лица на основе плоских или двухмерных изображений, и 3D-технологии – по трехмерным объемным изображениям черепа человека [4].

По структурной реализации выделяют три схемы системы распознавания лиц:

1. Анализ видеопотока производится на сервере: весь видеопоток направляется IP-камерой для обработки и анализа на сервер, где специализированной программой выполняется поиск лиц в видеоряде и происходит сравнение полученных из видеопотока изображений лиц с базой лиц эталонов.

2. Анализ видеопотока осуществляется на IP-камере: изображения производятся на самой камере, а на сервер передаются обработанные метаданные.

3. Анализ видеопотока совершается на устройстве контроля доступа: устройство контроля доступа, в которое встроена камера и хранится база данных лиц эталонов, кроме распознавания лиц, выполняет функции управления доступом через турникет или электрозамок, установленный на двери [4].

Основные методы извлечения признаков делятся на две группы: использующие локальные признаки лица, когда алгоритм выделяет отдельные части (глаза, нос, рот) и по ним распознает лицо и глобальные – оперирует со всем лицом в целом.

Алгоритм работы технологии распознавания лиц состоит из идентификации и верификации. Идентификация – это процесс определения личности индивида. Биометрические образцы собирают и сравнивают со всеми шаблонами в базе данных. Верификация представляет собой процесс подтверждения определённой личности путём сравнения изображения индивида с одним или несколькими ранее сохранёнными шаблонами [3, 4].

В процессе распознавания вначале выделяется лицо человека на изображении. Чтобы лицо распознать, его необходимо сначала обнаружить. Для этого используются натренированные сверточные нейронные сети. Также применение метода Виолы-Джонса дает возможность эффективного обнаружения лиц в режиме реального времени на цифровых изображениях и видеопоследовательностях. Суть действия этого метода проста: сканируется изображение при помощи примитивов Хаара [5], что позволяет находить более светлые или темные области изображения, характерные для человеческих лиц. Алгоритм обрабатывает изображение в несколько этапов, чтобы отсеять варианты с паттернами, похожими на лица, но не являющимися ими. После обработки изображения данным методом система получает область изображения, содержащую только лицо. На следующем этапе вычисляются антропометрические точки (минимум 68) – опорные точки на лице, определяющие индивидуальные характеристики. Считается, что количество точек прямо пропорционально точности системы. Алгоритм вычисления характеристик различен для каждой из систем и является главным секретом разработчиков. Затем проводятся дополнительные преобразования изображения (устранение

наклона головы, коррекция цвета лица) с целью получения четкого фронтального снимка; вычисляется набор характеристик, описывающих лицо независимо от посторонних факторов, таких как возраст, прическа, макияж. Анализируются специальные локальные признаки [4]. На последнем этапе сравнивается полученный вектор лица (цифровой шаблон) с имеющимся в базе лицами.

Заключение. Технологии машинного обучения и распознавания лиц развивались очень активно с середины прошлого века, но интенсивное развитие получили сейчас, благодаря появлению мощных компьютеров, способных справиться с этой задачей, банка данных с фотографиями и большому прорыву в области нейросетей. Новые формы распознавания лиц теперь могут распознавать не только людей в масках, закрывающих рот, но и людей в шарфах или с фальшивыми бородами.

Среднестатистический человек может идентифицировать знакомое лицо в толпе с точностью 97,53 %, а современные алгоритмы распознавания лиц добились точности 99,8 % еще в 2014 году, а за последние несколько лет почти достигли совершенства. Современный алгоритм, используемый камерами видеонаблюдения города Москвы, способен обрабатывать один миллиард изображений менее чем за полсекунды [4].

Системы распознавания лиц необходимы для защиты от несанкционированного проникновения на территорию с ограниченным доступом, защиты тайн компании, борьбы с корпоративным шпионажем.

Список литературы

1. Марьенков А. Н. Применение технологий распознавания лиц в системах контроля и управления доступом / А. Н. Марьенков, В. Ю. Кузнецова, Т. М. Гелагаев // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2021. – №1 (53). – С. 83-90.
2. Никитин А. А. Процесс распознавания изображения нейронной сетью / А. А. Никитин, Н. И. Лиманова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 47 (337). – С. 23-25. – URL: <https://moluch.ru/archive/337/75420/> (дата обращения: 15.09.2022).
3. Ворожейкин М. Р. Общие сведения о системе распознавания лиц / М. Р. Ворожейкин, С. В. Чернова // Актуальные вопросы науки. – 2019. – № 47. – С. 35-37.
4. Власенко А. В. Обзор инструментов машинного обучения и их применения в области кибербезопасности / А. В. Власенко, П. И. Дзьобан, Р. В. Жук // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2020. – № 1. – С. 144-155.
5. Рудинская Е. А. Разработка алгоритма детектирования лиц с использованием комбинаций каскадов Хаара / Е. А. Рудинская, Р. А. Парингер // Сборник трудов ИТНТ-2019. – 2019. – С. 6-12.

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОДАЖИ ЧАЕВ И ЧАЙНЫХ АКСЕССУАРОВ

Котенко В.Н., Котенко Ю.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
v.kotenko@donnu.ru

Введение. История чая насчитывает уже почти 5000 лет. Впервые он был обнаружен в Китае, и с тех пор стал одним из самых потребляемых продуктов на планете. Есть три основные категории чая: настоящий чай, травяной чай и ароматизированный чай. Эти чаи различаются по растениям, которые используются для приготовления чая. В каждой из этих категорий также есть подкатегории, чтобы лучше различать разные типы чая. Травяные чаи и ароматизированные чаи на самом деле не чаи, потому что эти виды чая не содержат частей растения чая под научным названием *Camellia sinensis*. Есть пять настоящих чаев: белый чай, зеленый чай, чай улун, черный чай и чай пуэр. Травяные чаи и ароматизированные чаи настаиваются в воде на специях, травах и цветах, чтобы получился так называемый тизан. Диапазон цен на виды чаев огромен, а самым дорогим является чай «Дахунпао» («Алая мантия»). В 2005 году за двадцать грамм этого чая на аукционе было заплачено 25 тысяч долларов [1]. Таким образом, можно сделать вывод о сложности и многообразии мира чая.

Помимо самого чая в чайных церемониях стран мира участвуют сотни чайных аксессуаров: заварочные чайники, грелки для чайников, пиалы, калebasы, бомбилы и т.п.

Для эффективной продажи чая и чайных аксессуаров целесообразно использовать современные информационные технологии, которые позволят предоставить покупателям содержательную и исчерпывающую информацию, которая даст ответы на все возникающие вопросы, и функциональные возможности для удаленного оформления заказов.

Исследование положения дел с программными продуктами для продажи чаев и чайных аксессуаров показывает, что:

1) в сети Интернет существует сотни сайтов по предоставлению информации и продаже чаёв (такие как, «101 чай», «Tea», «BestTea» и т.п.);

2) каждый ресурс характеризуется своим функционалом и дизайном, которые удовлетворяют требованиям заказчиков по его разработке;

3) многие ресурсы на самом деле являются одной из internet-страниц огромной системы по продаже товаров самой разной направленности: для понимания этого достаточно взглянуть на верхнее меню страницы сайта;

4) все проанализированные internet-магазины имеют слишком избыточную функциональность и перенасыщены рекламой, что мешает пользователю ориентироваться при покупке: основная цель владельцев информационных ресурсов, – продать товар клиенту любой ценой.

Таким образом, можно констатировать, что современный рынок не предлагает на данный момент бесплатного и простого в использовании программного обеспечения с открытым исходным кодом для полноценного информационного обеспечения потребителей и предоставления им возможности для эффективного заказа товаров.

Использование современных инновационных информационных технологий позволит создать информационный ресурс, который отличается от вышеперечисленных магазинов не мощными возможностями функционала, а ярким и красочным представлением покупателям визуального контента предметной области, содержательным наполнением контента ресурса детальнейшей информацией о каждом из видов чая и чайных аксессуаров.

Актуальность применения современных инновационных технологий определяется следующими факторами. Во-первых, объем циркулирующей в чайном мире информации каждый год возрастает (растет количество подвидов обычных чаев, разнообразных ароматизированных чаев и травяных смесей, а также чайных аксессуаров), и ее стандартная обработка становится все более проблематичной. Во-вторых, задержки при доступе к оперативной информации влекут за собой сбои в работе организации по продаже чаев. В-третьих, использование процесса автоматизации работы чайного магазина позволяет ликвидировать просчеты и ошибки при обработке информации. В-четвертых, на порядок повышается эффективность работы торговой организации и удобство работы клиентов.

Целью настоящего исследования является определение функций торговой организации, которые нуждаются в процессе автоматизации, проектировании базы данных системы, и создании информационной системы для торгового предприятия по продаже чаев и чайных аксессуаров с ярким и красочным представлением покупателям визуального контента.

Результат. Экспериментальные исследования предложенного алгоритма, реализуемого посредством автоматизации процесса учета и анализа информации торгового предприятия по продаже чаев и чайных аксессуаров, свидетельствуют о том, что эффективность и качество продаж и мониторинга деятельности возрастает на несколько порядков.

В системе спроектированы 3 базы данных: база данных чаев и травяных смесей, чайных аксессуаров и сладостей к чаю. База данных чаев хранит самую полную информацию для клиентов: код чая, название чая, тип чайного листа, описание, способ приготовления, способ хранения, страна-производитель, компания-производитель, компания-импортер, масса, срок годности к употреблению, ссылка на изображение чая, цена.

Администраторская часть системы позволяет создавать и удалять таблицы разнообразных чаев, чайных аксессуаров и сладостей к чаю, удалять из таблиц утратившие актуальность данные, осуществлять операции по просмотру, добавлению и редактированию информации таблиц чаев, чайных аксессуаров и сладостей к чаю. Реализован

функционал, использующий SMTP-сервер, позволяющий осуществлять отсылку заказа клиента на электронную почту магазина (рис. 1).

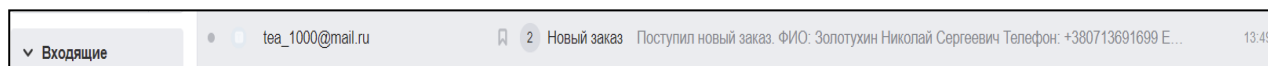


Рис. 1. Письмо с заказом клиента на аккаунт mail.ru

Клиентская часть системы дает покупателям возможности просмотра информации каталога чаёв и чайных аксессуаров, статей об истории чая, чайных церемониях, популярных рецептах чая и т.п. и информации о самом торговом предприятии, осуществления поиска информации по заданным параметрам, скачивания покупателями всего каталога товаров интернет-магазина, добавления товаров в корзину для формирования заказа и отправки заказа менеджеру магазина.

На рис. 2 показана одна из множества страниц клиентской части.



Рис. 2. Страница клиентской части информационной системы

Реализована защита данных от несанкционированного доступа и разграничение доступа к данным для руководства организации и клиентов.

Тестирование системы показало полное соответствие поставленным требованиям, эффективную обработку и мониторинг информации.

В заключении стоит отметить, что функциональная организация системы позволяет использовать ее на всех торговых предприятиях, занимающихся продажей чаев и чайных аксессуаров.

Список литературы

1. Все о чае. – Текст: электронный // BookMix – клуб любителей книг: официальный сайт. – 2022. – URL: <https://bookmix.ru/groups/viewtopic.phtml?id=289> (дата обращения: 20.09.2022).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ СОИСКАТЕЛЕЙ ПРИ ПОДБОРЕ ПРОФЕССИИ

Котенко В.Н., Мелиневский Р.В.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
v.kotenko@donnu.ru

Введение. В наши дни людям все тяжелее найти себя в определенной сфере деятельности, так как с каждым днем профессий становится все больше и больше, следовательно, и выбор для обычного человека становится все обширнее и обширнее.

Согласно статистике [1] в 2019 году в России насчитывалась более 876 различных профессий по самым разнообразным направлениям. Большинство профессий требует минимального среднего образования и минимального опыта работы в данной сфере. Однако есть и такие профессии, для которых не требуется минимального опыта и образования в целом. Большинство таких профессий являются временными.

Повышение количества сфер трудовой деятельности требует и повышения числа необходимых специалистов в этих отраслях. Люди выбирают свой трудовой путь исходя из детских мечтаний или же наставлений родителей. Многие, выбирая профессию, исходят из требований рынка труда или же государственных заказов. Но также есть и большое количество людей, которые не знают, какую сферу деятельности им выбрать. Для этого придумано бесчисленное множество тестов, которые помогают людям с выбором профессии, исходя из определенных особенностей того или иного человека.

Есть большое количество психологов, которые, используя свой многолетний опыт работы, создают собственные тесты для самых различных отраслей трудовой деятельности. Одним из таких психологов является Климова Е.А. и ее тест на профориентацию. Методика основана на классификации профессиональных интересов и позволяет установить, в какой сфере старшекласснику лучше всего выбрать специальность, по которой он будет проходить профессиональное обучение после школы.

Актуальность. Требования к тестам в 2022 году имеют тенденцию к минимизации. Людям просто необходимо представить дружелюбный интерфейс, в котором будет удобно осуществлять проверку их знаний в определенной области. В то время, как психологам, напротив, необходимо приложить большое количество усилий, чтобы выбрать из минимального количества предоставленной пользователем информации максимальное описание этого человека и, исходя из этого описания, дать рекомендации по той или же иной сфере деятельности.

И хотя на рынке представлен широкий спектр программных тестов для самых различных отраслей, большинство их них предлагает отвечать

на бесчисленное количество скучных вопросов, которые к середине теста могут привести в замешательство человека, проходящего данный тест.

На данный момент миру с его современным обществом необходимо иметь тест с минимальным количеством действий и максимальной точностью ответа.

Целью данного исследования является разработка автоматизированной системы, позволяющей вести базу данных с информацией о тесте по подбору профессий

Для достижения поставленной цели был проведен ряд исследований по изучению процесса составления тестов, эффективности выбора направлений, талантов, а также профессий.

Результат. В ходе решения задачи спроектирована система, которая позволяет хранить данные о пользователях и имеет возможность редактировать определенные их данные, данные о результатах теста, пройденного пользователем, его личные данные, данные о чеке платежа, всех имеющихся данных о платеже. Система также предоставляет удобный интерфейс для пользователя и для администратора.

Со стороны пользователя человеку, желающему пройти тест по подбору профессии, необходимо совершить несколько простых шагов: авторизоваться при помощи электронной почты, ввести свои личные данные, оплатить тест при помощи защищенного портала, который предоставляет максимальную приватность и защищенность пользователя при помощи двухстороннего токена. После этого пользователю предоставляется тест из тринадцати ячеек, которые необходимо заполнить случайными числами. На следующем этапе пользователю на указанный им адрес электронной почты будет отправлен результат пройденного теста. В этот результат входят наиболее подходящие тестируемому человеку направления, профессии и таланты, присущие данному пользователю.

Со стороны администратора предоставляется возможность просмотра всей необходимой информации о тестируемом пользователе: порядок выставленных чисел, шаблон отправки сообщения на почту, которые можно редактировать при необходимости, данные о чеке. Помимо этого, администратору предоставляется следующая функциональная возможность: в случае, если создатель теста решит усовершенствовать свой тест, он может отредактировать все необходимые данные этого текста, а именно профессии, таланты и направления. В системе присутствуют два режима: первый режим отвечает за автоматическую отправку пользователю результата после прохождения теста, а второй режим дает возможность редактировать тест перед отправкой его пользователю.

Информационная система реализована с использованием возможностей среды разработки WebStorm и языка программирования JS и его двух фреймворков: React.js и Node.js, а также системы управления базами данных MySQL, позволяющей хранить множество структурированных

связанных данных и обеспечивающей удобный доступ к любым выборкам с помощью структурированного языка запросов SQL.

Пользователями автоматизированной системы являются обычные люди, желающие узнать, к какой сфере профессиональной деятельности они больше склонны.

Страница с тестом по подбору профессий показана на рис.

Рис. Страница с тестом по подбору профессий

В ходе выполнения данного проекта разработанная система была протестирована на студентах, обучающихся на кафедре компьютерных технологий ГОУ ВПО «Донецкий Национальный университет» и показала высокую степень эффективности.

В **заключении** следует подчеркнуть, что предложенная технология с использованием современных информационных инструментариев позволяет проводить анализ количества пройденных тестов и их точности, и дает возможность пользователям, осуществляющим тестирование, оставлять отзывы о тесте, что приведет в будущем к улучшению теста психологами, которые его создавали.

Список литературы

1. Малков П. В. Россия в цифрах: 2019: краткий статистический сборник / Э. Ф. Баранов, Т. С. Безбородова, С. Н. Бобылев и др.; Федеральная служба государственной статистики, 2019. – 547 с.

РАЗРАБОТКА ИГРЫ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ APPLE ARKIT

Кулик А.С.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
anton.kulik.1998@yandex.ru

Введение. Понятие «дополненная реальность» говорит само за себя – это технологии, которые дополняют реальность виртуальными элементами. Основным момент при использовании дополненной реальности – это наложение виртуальных объектов на реальность, их комбинирование[1].

Уже сейчас в странах СНГ можно встретить яркие примеры применения дополненной реальности. Чаще всего ее используют в рекламе, так как **AR** – это едва ли не самый мощный инструмент для привлечения внимания потребителей, но сама технология может применяться в широком спектре жизнедеятельности человека[2].

Демонстрация продуктов и услуг посредством техник и методов виртуальной и дополненной реальности является эффективным механизмом коммуникации на разных рынках.

Уникальность и одновременно простота использования AR технологий, яркая и эмоциональная образность виртуального поля обеспечивают привлечение внимания и потребительский интерес к продукту/услуге.

Ключевым трендом названо растущее распространение игр, в которых используются технология AR. Последнее обстоятельство и объясняет актуальность данной работы.

Цель. Исследование концепции дополненной реальности на основе современных технологий. Предметом исследований являются процесс разработки проекта мобильной игры на основе технологии дополненной реальности Apple ARKit и языка программирования Swift.

Разрабатываемое приложение предназначено для использования в сфере развлечений с целью получения полного погружения в игровой процесс, используя для этого камеру мобильного телефона.

Основная часть. Создание подобного продукта влечет за собой исследования и познания в таких предметных областях, как хранение и обработка информации, протоколы обработки данных, программирование для мобильных устройств на языке Swift, проектирование интерфейсов мобильных iOS-приложений.

Для достижения данной цели решались следующие **задачи**:

- 1) анализ предметной области и подготовка технического задания для реализации проекта;
- 2) разработка бизнес-процессов для объекта исследований;
- 3) проектирование компонентов игры

- 4) программирование игры
- 5) тестирование игры
- 6) внедрение игры

Разрабатываемое приложение предназначено для использования в сфере развлечений с целью получения полного погружения в игровой процесс, используя для этого камеру мобильного телефона.

Исходными данными для системы является изображение с отображением просчитанных относительно положения игрока 3D объектов.

Пользовательский интерфейс интуитивно понятный пользователю и не вызывает затруднений в доступе к функциональным возможностям приложения.

При запуске приложения пользователь видит главный экран, на котором отображен список игроков с наибольшим количеством баллов, кнопка начала игры, счёт игрока, справка и платный контент.

По нажатию на кнопку начала игры, пользователя перебрасывает на вторичный экран с отображением камеры и кнопок для взаимодействия с игровым процессом, а также таймер, кнопка возврата и счёт текущей игры. Каждый элемент содержит название и короткое описание (рис. 1).

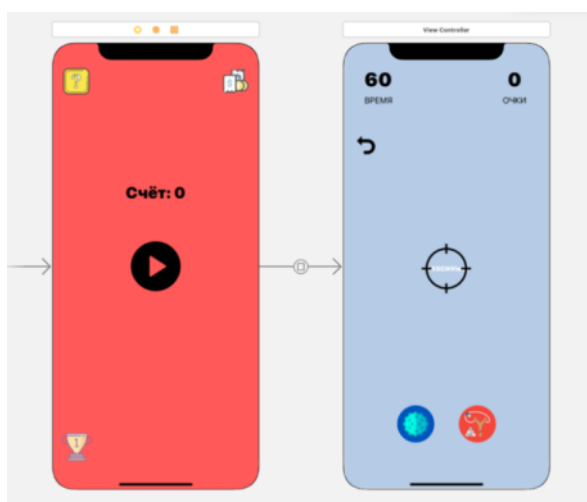


Рис. 1. Экраны приложения в программной среде Xcode

При нажатии на кнопку «Play» откроется окно, в котором начинается игровой процесс (рис. 2).

По окончании игры пользователя перебрасывает обратно на домашний экран, где собрана статистика по текущей игре.

Заключение. Разработанный программный продукт полностью соответствует заявленному техническому заданию и удовлетворяет всем требованиям.

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

- 1) произведен анализ предмета исследования;
- 2) произведено проектирование архитектуры мобильного приложения;

- 3) разработано приложение для платформы iOS, которое реализует функционал Apple ARKit;
- 4) проведено тестирование приложения.

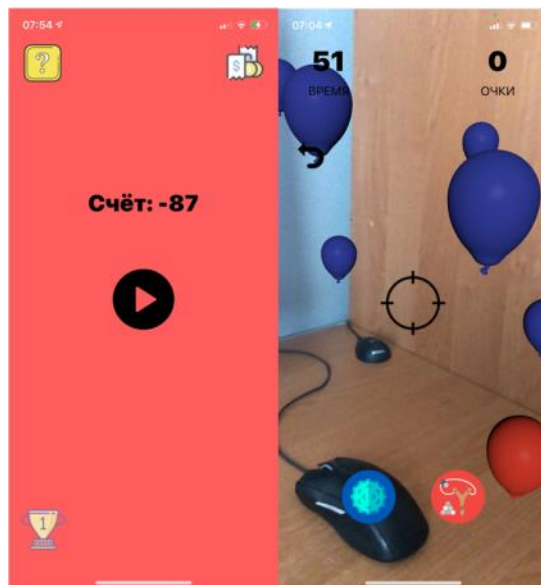


Рис. 2. Игровой процесс

Подводя итоги, стоит признать, что при такой востребованности технологии, главной же задачей, вне зависимости от того, какой это проект и на какую индустрию он нацелен, является поиск наиболее удобных повседневно и при этом выгодных коммерчески способов применить дополненную реальность к жизни.

Список литературы

1. Что такое AR (дополненная реальность)? – Текст: электронный// Южный технологический центр «Ориентир» – 2021. – URL: <http://tofar.ru/dopolnennaya-realnost.php> (дата обращения: 10.05.2021).
2. Сферы применения дополненной реальности – Текст: электронный// Сайт sharespro.ru – 2020. – URL: <https://sharespro.ru/content/obzory-rynka/6993-sfery-dopolnennoy-realnosti> (дата обращения: 12.05.2021).
3. AR-игры: Будущее индустрии или игрушка для армии? – Текст: электронный// Сайт gamemag.ru – 2019. – URL: <https://gamemag.ru/specials/140261/ar-future-games> (дата обращения: 12.05.2021).
4. Дополненная реальность ARKit – Текст: электронный// Сайт [apple.com](https://www.apple.com) – 2020. – URL: <https://www.apple.com/ru/augmented-reality> (дата обращения: 10.05.2021).

АНАЛИЗ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ «STABLE DIFFUSION» ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ФОТОГРАФИЙ, ПО ПРЕОБРАЗОВАНИЮ ТЕКСТА В ИЗОБРАЖЕНИЕ

Мартыненко А.М., Васильев С.В.

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

Введение. Нейросети для генерации изображений – новый инструмент, который позволит миллиардам людей создавать потрясающие произведения искусства за секунды.

Цель – выявление достоинств и недостатков нейросетей Stable Diffusion и ruDALL-E для генерации фотографий.

Основная часть. Stable Diffusion – это модель преобразования текста в изображение. В ее основании – Dall-E 2 и Open AI, а так же Imagen. Нейросеть применяет модель скрытой диффузии вместо стандартной диффузионной модели. Модель скрытой диффузии оптимизирует процесс создания изображений за счет предварительно обученных подпрограмм – это дает возможность, не только сохранить вычислительные мощности, но и достичь высокого разрешения изображения за короткий промежуток.

В графическом интерфейсе доступны следующие настройки:

Одна из важных настроек «Steps» – как много шагов ИИ выполнит в попытке создать ваш запрос. Чем более шагов, тем дольше обрабатывается запрос и качественнее итог, только в действительности улучшение видно не всегда. В случае если не нравится некий участок изображения (например, нос), правильнее не поднимать число шагов, а уточнить текстовый запрос.

Creativeness (Guidance Scale) – в какой степени ИИ свободен к интерпретации вашего запроса и должен ли он учитывать все слова в запросе. Где, 0 – свобода действий, 20 – полное соответствие текста[1].

Следует иметь в виду, что порядок имеет значение. Слова в начале запроса имеют больший вес, чем слова в конце запроса, а максимально 75 слов за раз.

Для анализа создавалось изображение по запросу «system engineer beautiful at work», и «A technical support engineer is trying to configure a port on a switch».

Проанализируем мультимодальную нейросеть ruDALL-E, основанную на архитектуре DALL-E, которая генерирует картинки по заданному описанию на русском языке. Цель создания «мультимодальных» нейронных сетей выучивание концепций в нескольких модальностях, в первую очередь в текстовой и визуальных областях, чтобы «лучше понимать мир»[2]. Состоит из трёх нейросетей,

первая принимает текст и генерирует картинки, вторая выбирает более удачные, третья – увеличивает их в размере без потери качества. Для пользователя доступно только текстовое поле для запроса генерации картинки. Запрос остался такой же, как и в прошлый раз, только был написан на русском языке.



Рис. 1 Пример запроса «system engineer beautiful at work»



Рис. 2 Пример запроса «A technical support engineer is trying to configure a port on a switch»



Рис. 3 Пример запроса «Системный инженер красивый на работе»



Рис. 4 Пример запроса «Инженер по технической поддержке пытается настроить порт на коммутаторе»

Заключение. Нейросети такого уровня – это новый класс программных инструментов. Stable Diffusion обладает большим функционалом для настройки запроса, а финальный результат получается более четким. ruDALL-E не имеет гибких настроек, но более точно следует текстовому запросу. Обе нейросети стремительно развиваются благодаря востребованности и открытости кода.

Список литературы

1. DTF, платформа для обсуждения игр, кино, разработки и технологий [Электронный ресурс] // Как пользоваться нейросетью Stable Diffusion – URL: <https://dtf.ru/howto/1345343-kak-polzovatsya-neyrosetyu-stable-diffusion> (дата обращения 10.09.2022.).
2. Хабр для IT-специалистов [Электронный ресурс] // ruDALL-E: генерируем изображения по текстовому описанию, или Самый большой вычислительный проект в России – URL: <https://habr.com/ru/company/sberbank/blog/586926/> (дата обращения 11.09.2022).
3. Рашид Тарик Создаем нейронную сеть. Пер. с англ. – СПб. ООО “Альфа-книга”, 2017. – 272 с. ил. – Парал. тит. англ. ISBN 978-5-9909445-7-2

УДК 004.92

О РАЗРАБОТКЕ ДЕСКТОПНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ

Маслов Н.С., Мартыненко А.М.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
nikita31122001@gmail.com

Введение. Информационные технологии и сферы деятельности, связанные с ними, в современном мире развиваются очень быстро.

Каждый год увеличивается объем обрабатываемой при помощи персональных компьютеров информации. Базы данных и их системы управления как раз заточены на работу с большим объемом данных и большим количеством пользователей.

Говоря простым языком, база данных – это набор данных, организованных каким-то способом [1]. Также, для манипуляции данными в базе существуют системы управления баз данных (СУБД).

Цель. В данной работе реализовано приложение, которое позволит автоматизировать тестирование студентов. Проект реализован в виде десктопного приложения, работающего с базой данных. Преимуществом базы данных является скорость. База данных устроена так, что она быстро производит любые операции с данными. Это происходит потому, что СУБД всегда знает, что где лежит, и по какому критерию искать.

Основная часть. Для создания приложения необходимо выбрать среду разработки и СУБД. Для создания самого приложения была выбрана

интегрированная среда разработки программного обеспечения Microsoft Visual Studio. Для написания базы данных послужила СУБД MSSQL Server, так как в ней имеется полный набор инструментов для подключения к проекту в выбранной IDE [2].

В ходе изучения предметной область выделены сущности, представляющие информационное значение для задачи, и спроектированы концептуальная, логическая и физическая модели базы данных [3].

Логическое представление базы данных:

- 1) Аккаунты имеют свой id и хранят логины и пароли пользователей.
- 2) Студенты имеют свой id и хранят ФИО, курс, группу и id соответствующего аккаунта.
- 3) Преподаватели имеют свой id и хранят ФИО и id соответствующего аккаунта.
- 4) Темы имеют свой id и хранят название темы.
- 5) Вопросы имеют свой id и хранят текст вопроса и id темы, в которой он содержится.
- 6) Ответы имеют свой id и хранят текст ответа, id вопроса, вариантом ответа на который он является и правильность.
- 7) В записях сессий хранятся id сессии, id вопроса, на который был дан ответ, id студента, который отвечал, правильность ответа.

Код игры был написан на языке C# с использованием интерфейса программирования приложений Windows Forms [4]. С помощью данного интерфейса приложение было разбито на формы, каждая из которых имеет свой интерфейс, функционал и логику и связана с другими формами определенными сценариями работы.

В результате разработки приложение было разбито на 9 форм, представленных в таблице.

Таблица

Описание форм

Название файла	Описание
Authorization	Форма авторизации, в которой вводятся логин и пароль, и происходит определение пользователя.
Main	Главная форма приложения, в которой с помощью запроса к базе данных отображаются все существующие темы. Преподаватель в данном окне может просмотреть вопросы у каждой темы, полученные из запросов, удалить существующую тему из базы или добавить новую, также может открыть форму Students. Студент может выбрать тему, и ему откроется форма Testing.
AddTopics	Форма добавления новой темы
AddQuestions	Форма добавления вопроса к новой теме.
Students	Форма, доступная только преподавателям, в которой с помощью запросов к базе данных выводятся все зарегистрированные студенты. Студентов преподаватель

	может удалять, изменять и добавлять. Также в данной форме можно выбрать определенного студента, откроется форма Grades, в которой с помощью запроса выведется отчет с темами, пройденными студентом, и оценками по ним. Данный отчет можно сохранить в файл с расширением <code>xlsx</code> .
ChangeStudents	Форма добавления нового студента или изменения информации у существующего.
Grades	Форма с отчетом о пройденных студентом темах и оценках по ним.
Testing	Форма, в которой студент может пройти тестирование.
Statistics	Форма, отображающая статистику оценок студентов, выборочно, одного курса, группы или по определенной теме.

Запросы к базе данных написаны на языке SQL и выполняются при нажатии соответствующих кнопок на формах приложения.

После разработки и сборки проекта необходимо провести этап тестирования. Он необходим для проверки проекта на работоспособность и выявление ошибок. Обнаруженные ошибки были исправлены и проект дали протестировать нескольким людям. Принимавшие участие в тестировании без особых усилий разобрались в интерфейсе и возможностях приложения. Дополнительных ошибок в ходе данного тестирования обнаружено не было.

Заключение. В ходе разработки проекта было проведено исследование баз данных, а также основных систем управления базами данных. С помощью IDE MS Visual Studio и СУБД MSSQL спроектирована база данных и приложение, позволяющее проводить тестирование знаний студентов.

Приложение позволяет преподавателям составлять тесты и хранить их в базе данных, а студентам – проходить эти тесты и получать моментально оценки. Благодаря работе приложения с базой данных, значительно уменьшаются затраты времени преподавателей на составление тестов, их проверку и формирование отчетов.

Приложение рассчитывает оценку студента по результатам пройденного теста и автоматически заносит эти данные в базу. Преподаватель может просмотреть оценки студентов по пройденным ими темам и сформировать отчет о них в документ Excel, а также просмотреть статистику оценок.

Приложение может использоваться не только преподавателями высших учебных заведений, но и учителями в школах, а также частными преподавателями и организаторами курсов.

Список литературы

1. База данных. Реляционная база данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://htmlacademy.ru/tutorial/php/databases>

2. Введение в MS SQL Server и T-SQL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metanit.com/sql/sqlserver/1.1.php>
3. Кузнецов С. Д. Основы баз данных. – 2-е изд. – М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 484 с.
4. Нагел К. C# 6.0 и платформа .NET Core 1 для профессионалов / К. Нагел, Б. Ивьен, Д. Глинн, К. Уотсон, М. Скиннер. – М.: Вильямс, 2016. – 1536 с.

УДК 621.317

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ

Полуянович Н.К., канд. техн. наук, доц., *Дубяго М.Н.*
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Таганрог, РФ
nik1-58@mail.ru

Введение. В настоящее время проблемы адаптации студентов вуза в условиях самоизоляции к on-line обучению с применением дистанционных образовательных технологий является актуальной. В качестве решения проблемы может выступать конструирование процесса обучения в вузе на основе цифровых образовательных ресурсов, среди которых выделены электронные УМК и рейтинговая система контроля знаний студентов. В этой связи рассматриваются понятия «электронное обучение», «дистанционные образовательные технологии». Уделено внимание передачи, анализу объема накопленных данных в области исследуемой проблемы.

В работе рассмотрены проблемы разработки методики дистанционного обучения. Предлагается методика преподавания технических дисциплин, для использования в дистанционном обучении. А именно методика дистанционного выполнения лабораторных работ, основанная на интерактивном управлении лабораторным стендом, снятием и обработкой экспериментальных данных.

В настоящее время наблюдается противоречие между жёсткими требованиями действительности к дистанционной организации обучения, и готовностью вузов организовать и реализовать обучение в цифровом формате, с использованием различных информационных технологий.

При переходе на дистанционный формат обучения почти 50% студентов испытывали проблемы из-за недостатка общения, очных дискуссий с преподавателями, отмечали проблемы с техникой, а также сложность обучения в домашней обстановке. Больше трети учащихся пожаловались на сложность обучения дома и проблемы с концентрацией при самостоятельном изучении материала. Примерно 30 % столкнулись со сложностью при ответах преподавателю в онлайн-формате.

Исходя из литературных источников, не проработаны методики исследовательской деятельности магистрантов. Не описываются

технологии как передать и переработать информацию, чтобы она непрерывно в on-line режиме поступала в качестве исходных данных объекта исследования [1, 2]. То есть любая педагогическая технология – это информационная технология.

Целью исследования явилось изучение проблемы адаптации студентов вуза к on-line обучению с применением дистанционных образовательных технологий [3, 4].

Удаленное подключение к системе. Приведем один из примеров внедрения системы ДУ на кафедре электротехники и мехатроники (ЭиМ) ЮФУ. Методика построения системы дистанционного управления, рис. 1.

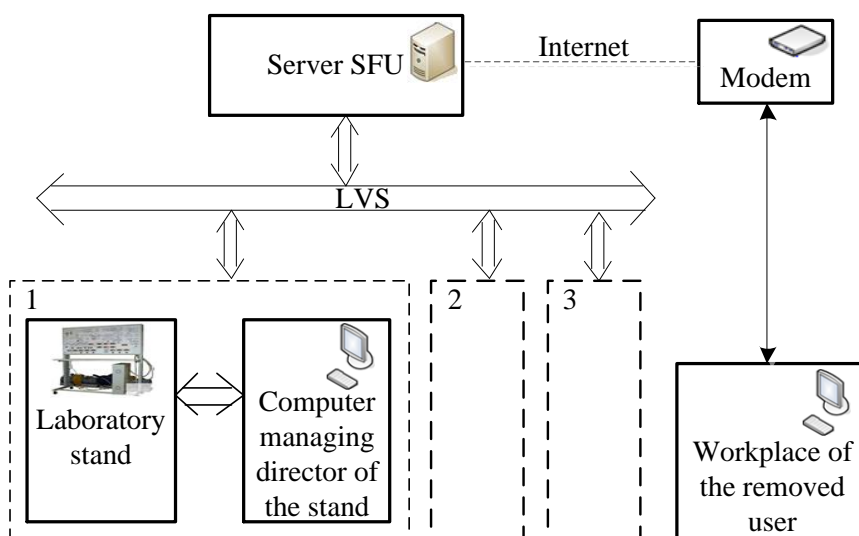


Рис. 1. Схема дистанционного управления стендом

Методика выполнения лабораторных работ при управлении стендом [5]. Главное окно программы изображено на рис 2,а.

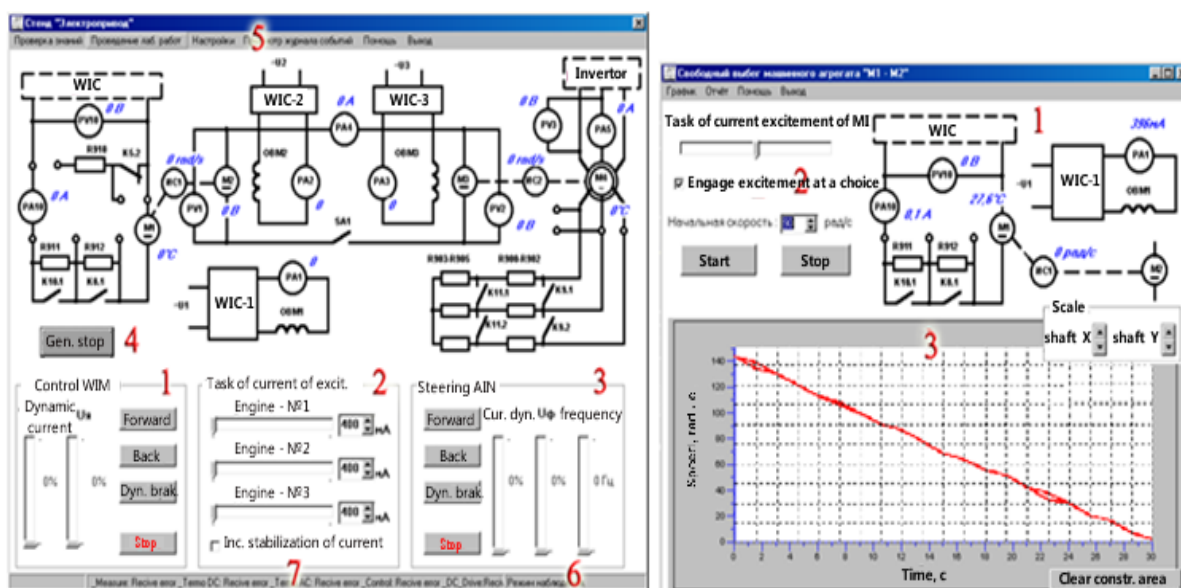


Рис. 2. а – окно программы EL-двигателя, б – вид лабораторной работы

Вначале осуществляется проверка готовности студента. В случае успешного прохождения теста появляется возможность выполнения лабораторной работы, например лабораторной работы, например на рис. 2, б представлено окно лабораторной работы «Свободный выбег машинного агрегата «М1-М2»» со схемой установки (1), параметрами эксперимента (2) и полем для построения экспериментального графика (3),

Заключение.

1. Рассматривается проблемы адаптации студентов вуза в условиях самоизоляции к on-line обучению с применением дистанционных образовательных технологий

2. Рассмотрены методики в дистанционном образовании при использовании современных сетевых технологий;

3. Показано, что информационные технологии должны использоваться комплексно: в лекционных курсах, в лабораторных и практических занятиях, в контрольных работах и на экзаменах.

Список литературы

1. Дубяго М. Н. Математические модели и алгоритмическое обеспечение динамической устойчивости энергосистемы. В сборнике: Ресурсоэффективные технологии для будущих поколений / М. Н. Дубяго, В. А. Шевченко, Н. К. Полуянович // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции молодых ученых. – 2010. – С. 196-197. – ID: 39214467.
2. Полуянович Н. К. Преобразовательная система комплексной модели тягового привода электроподвижного состава / Н. К. Полуянович // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 1 (150). – С. 132-138. ID: 21111411. – ISSN: 1999-9429.
3. Полуянович Н. К. On-line управление учебно-диагностическим стендом при дистанционной форме обучения: В сборнике: Высшее техническое образование: проблемы и пути развития / Н. К. Полуянович, А. Н. Притула // Материалы V международной научно-методической конференции. – 2010. – С. 259-260. – ID: 30059150.
4. Полуянович Н. К., Дубяго М. Н. Программа поуровневого генерирования тестов различной степени сложности с элементами экспертной системы. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2010611837. Заявка № 2010610110 от 10.03.2010. – ID: 37533461
5. Руководство по эксплуатации лабораторных стендов НТЦ – 24, НТЦ – 30. Могилев, Белоруссия, 2005 г.

ИСХОДНЫЙ КОД. АЛГОРИТМ СРАВНЕНИЯ ДВУХ ЧИСЕЛ С ПОМОЩЬЮ МЕСТА НОЛЯ В ЧИСЛЕ

Полякова И.С.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,
г. Краснодар, РФ
polinga@bk.ru

Введение. В статье исследуются алгоритм сравнения чисел, основанный на месте ноля в числе, чем ближе ноль к первому разряду, тем больше число. А также в статье приводится пример исходного кода, который позволяет хранить все произведенные с числом математические операции, сохраняя тем самым исходные данные. При использовании исходного кода можно осуществлять «реверс», переворачивать код, возвращаясь к исходному числу.

Основная часть. Актуальность данного исследования не вызывает сомнений, так как сохранение исходных данных – это одна из основных задач программиста, это важно в информатике. Алгоритмы сравнения чисел с невысокой трудоемкостью также имеют огромное практическое применение, они позволяют экономить процессорное время и память машины.

Место ноля в числе – чем ближе ноль к старшему разряду, тем меньше число, чем дальше ноль, чем ближе к первому разряду единиц, тем больше число при прочих равных условиях (при прочих равных разрядах) (1011 1101 1110). Так можно сравнивать различные числа. Сначала находить ноль. На этом основан алгоритм сравнения чисел с помощью места ноля в числе. Алгоритм сравнения тогда будет следующий:

1. Найти ноль в сравниваемых числах, запомнить его разряды. Так как ноль самое маленькое число – все остальные числа больше ноля, с нулем можно не сравнивать.

2. Потом нужно сравнивать числа поразрядно при одинаковом числе разрядов до разряда первого ноля. Число больше, если соответствующее разрядное значение больше.

3. Потом прекратить сравнение. Если разряды сравниваемых чисел одинаковые, то больше то число, разряд ноля которого меньше.

Рассмотрим на примере. Пусть даны два числа: 23015 и 23105. В данном случае надо сначала найти место нолей в первом и втором числе. Места будут соответственно 3 и 2. Потом сделать два сравнения до первого ноля в первом числе на позиции 3. Разрядные значения у данных двух чисел одинаковые. Потом сравнения можно прекратить, потому что на третьем разряде у первого числа стоит ноль, поэтому оно меньше.

В данном алгоритме сравнения двух чисел заранее определено количество сравнений, и оно ограничивается значением: (количество

разрядов минус больший разряд нуля чисел). В нашем примере: $5-3=2$. Это является явным преимуществом данного алгоритма, что сразу же определено количество сравнений. Чем ближе ноль к максимальному разряду, тем меньше число, тем быстрее прекратиться сравнение, тем меньше операций сравнения будет проведено.

Данный алгоритм будет относиться к алгоритмам с низкой трудоемкостью. Количество сравнений будет линейно и меньше максимального разряда сравниваемых чисел.

Алгоритм сравнения чисел с помощью места нуля в числе применим для чисел, содержащих ноль. Если у сравниваемых чисел нет нуля в составе, то алгоритм их сравнения будет стандартным, поразрядным.

В числа можно «зашивать» все произведенные с ним операции, сохраняя тем самым исходные данные [4, 5]. Математические операции лучше обозначать универсальными буквенными символами: *a* – сложение, *b* – вычитание, *c* – умножение, *d* – деление, *f* – степень и т.д. При этом каждой операции будет соответствовать обратная: для сложения обратной операцией будет вычитание (*b*), для умножения – деление (*d*), для степени – извлечение корня степени (*q*) и наоборот и т.д. [3] Операции выполняются слева направо без скобочек по порядку. Тогда получается исходный код:

$$2+3-4*5:2=2a3b4c5d2 \ 2,5.$$

$$\text{И реверс: } 2,5*2/5+4-3=2,5c2d5a4b3 \ 2.$$

Таким образом, коду *abcd* будет соответствовать обратный код *cdab*. Прямой код – слева направо, а обратный код, «реверс» справа налево. Зная исходный код, можно его переворачивать, осуществлять «реверс» и получать исходное число. Так сохраняются исходные данные и все операции, произведенные с числом. Таким образом можно представлять достаточно большие вычислительные операции:

$$10-4+16:11+2^3=10b4a16d11a2f3 \ 64.$$

$$\text{И реверс: } \sqrt[3]{64} - 2 * 11 - 16 + 4 = 64q3b2c11b16a4 \ 10.$$

Прямому коду *badaf* в данном случае будет соответствовать обратный код *qbcba*.

$$10-4+16:11+2^3=10b4a16d11a2f3 \ 64.$$

$$\text{И реверс: } \sqrt[3]{64} - 2 * 11 - 16 + 4 = 64q3b2c11b16a4 \ 10.$$

Умножение в математике можно обозначать по-разному: «*», « \times », « \cdot », деление соответственно «:», «/», « \div ». Для основных математических операций даже нет единого символа. Если сравнивать запись математических операций с универсальными буквенными символами и запись с помощью стандартных математических знаков, то запись с помощью буквенных символов более компактна, универсальна (нет двояких трактовок, как, например, для умножения и деления) и визуально одинакова.

Со школьной скамьи известно, что при перемене мест слагаемых или множителей не меняется сумма или произведение [1, 2], но при

соответствующем реверсе меняется ответ. Особенно хорошо это видно на реверсе.

Реверс, обратные математические операции:

3a2b1c6 24 и реверс 24dba1b2 3

2a3b1c6 24 и реверс 24dba1b3 2

Получаются разные ответы при одинаковых операциях.

5c8b1d13 3 и реверс 3c13a1d8 5

8c5b1d13 3 и реверс 3c13a1d5 8

Также можно исходный код осуществлять и с 0.

3a0b1f6 64 и реверс 64qba1b0 3

7b4b0b7l(-64) 3 и реверс 3h(-64)a7a0a4 7

Отрицательные числа можно записывать и без скобочек, но пока для облегчения понимания лучше в скобочках.

3h-64a7a0a4 7

3h(-64)a7a0a4 7

Заключение. Алгоритм сравнения чисел с помощью места ноля в числе основан сначала на определении места, разрядов нолей, потом поразрядном сравнении составляющих их чисел до разряда первого ноля. Как только мы дошли до ноля, можно прекращать поразрядное сравнение, при прочих равных условиях, больше то число, разряд ноля которого меньше. Данный алгоритм характеризуется низкой трудоемкостью, количество сравнений линейно. Также в статье описан исходный код, который позволяет «зашивать» все произведенные с числом математические операции, при этом математические операции обозначаются буквами.

Список литературы

1. Выгодский М. Я. Справочник по элементарной математике / М. Я. Выгодский. – М.: АСТ, 2009. – 511 с. – ISBN: 978-5-17-053832-4.
2. Кириллов А. А. Что такое число? / А. А. Кириллов. – М., 1993. – 80 с. – ISBN 5-02-014942-3.
3. Полякова И. С. Буквенное соответствие математических операций. Порядок действия при умножении и сложении / И. С. Полякова // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – №84, ч. 2. – С.26-29. – DOI: 10.18411/trnio-03-2022-69.
4. Полякова И. С. Исходный код. «Реверс» / И.С.Полякова // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – №87, ч. 1, – С.89-91. – DOI: 10.18411/trnio-07-2022-22.
5. Полякова И. С. Теория чисел. Ноль и единица. Числа как матоператоры / И. С. Полякова // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – №83, ч. 2. – С.91-95. – DOI: 10.18411/trnio-03-2022-69.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДИНАМИКИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АТМОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ МЕТЕОСТАНЦИЙ

Ракитянская А.Э.

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
ann.rk_99@mail.ru

Введение. Национальные метеорологические и гидрологические службы ежегодно выпускают десятки миллионов прогнозов погоды. Несмотря на то, что теория и практика прогнозирования существуют и развиваются уже давно, до сих пор остается очень тяжелой, инвариантно решаемой задачей. Для улучшения качества этих прогнозов необходимы разработка и использование новых методов наблюдений и моделирования.

Главное назначение разработанного программного обеспечения – облегчить хранение и обработку метеорологической информации. За счет автоматизации процесса обработки данных сводится на «нет» вероятность математической ошибки в процессе подсчета необходимых значений и составления статистики [1].

Просмотр литературных источников показал, что на сегодняшний день в области изучения и анализа климатических данных широкое применение получил метод главных компонент, использование которого дает основание надеяться на возможность улучшения качества прогноза в будущем.

Цель работы – разработать прогностический комплекс в виде программного продукта, который объединяет ряд современных методов оценки размерностей модели.

В работе были выполнены следующие задачи:

1. Проектирование базы данных для обеспечения сбережения в ней метеопараметров, обеспечения возможности быстрой и своевременной актуализации;
2. Проектирование и программная реализация схемы взаимодействия программной прогностической системы с созданной информационной базой;
3. Анализ и систематизация теоретических знаний в области использования современных методов обработки данных;
4. Проектирование многопользовательского интерфейса.

Основная часть. Несмотря на безграничное число ситуаций, объектов и целей, которые вносят в процесс прогнозирования свой специфический вклад, можно выделить основные этапы прогнозирования и представить их в виде схемы изображенной на рисунке 1.



Рис. 1. Схема процесса формирования прогноза

Работа начинается с рассмотрения имеющейся информации про объект (экспериментальных данных про него самого или подобных объектов; теорий, разработанных для описания исследуемого класса объектов; интуитивных представлений и так далее), определения предмета, проблемы и постановки цели исследования. Параллельно с этим проводится сбор экспериментальных данных, их упорядочивание и добавление отсутствующих. Следующим этапом является анализ данных, в рамках которого выявляются закономерности и выдвигаются гипотезы, а также осуществляется распределение данных на две выборки – данные для прогноза и тестовые данные. После того, как сделан анализ данных производится поиск, анализ и уточнение методов с помощью которых будет проводиться формирование прогноза. Выбранные методы позволяют исследователю сформировать набор математических моделей для прогноза.

Для реализации цели используется комплекс современных общенаучных методов и подходов, а именно: аналитический обзор литературных и интернет источников, систематизация и обобщение информации методов оценки размерности.

Во время выполнения работы использовались такие инструментальные средства:

- Среда математического программирования MATLAB;

- СКБД MySQL;
- Язык объектного моделирования UML.

На основе анализа литературных источников и систематизации информации был составлен алгоритм и сформирован программный продукт, который его реализует.

Список литературы

1. Гринченко Н. Н., Потапова В. Ю., Тарасов А. С. Алгоритмы прогнозирования погодных условий в системах сбора и обработки метеорологических данных.

УДК 621.74

КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ЛИТЕЙНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Сушко Т.И., канд. техн. наук, доц., *Ильинский С.В.*,
Хухрянская Е.С., канд. техн. наук, доц.
ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, РФ
tane2020102010@mail.ru

Введение. Развитие вычислительной техники, искусственного интеллекта на каждом этапе оставляет свой след в применении компьютерного моделирования не только в разработке и отработке технологических процессов, но и оказывает неизгладимое влияние на качество подготовки военных инженеров. В современных условиях с учетом доступности компьютеров, программного обеспечения, возможности адаптации программного продукта под возможности вуза и поставленные задачи, можно говорить о применении универсальных разработок обучения в рамках военно-научных обществ (ВНО) на основе принципа непрерывности, с целью дальнейшей доводки приобретенного комплекса знаний на базе унифицированных системно-методических требований. Программная имитация обучения позволят курсантам ознакомиться и знать: алгоритмы настроек систем автоматизированного проектирования, инженерного анализа и подготовки производства изделий любой сложности и назначения, доминантой стратегии усвоения новых и сложных элементов предметного множества понятий, логических взаимосвязей между ними, образа полной модифицируемой базы знаний в близких междисциплинарных областях своей специализации. Основная задача такого обучения, обеспечение квалифицированной индивидуальной помощи курсанту для ориентации в физике изучаемых явлений, хорошая корреляция успехов в обучении с использованием компьютерного сопровождении, гибкость и интеллектуализация средств системного

анализа. По – нашему мнению, такой подход способствует эффективному усваиванию материала, не только по физике с углубленным изучением физических явлений и процессов, но и начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики, сопротивлению материалов, теоретической механики, деталей машин и основ конструирования, систем автоматизированного проектирования, материаловедения и т.д. Работа современного инженера, в том числе и военного, заключается в умении быстрого создания точных конструктивных трехмерных моделей элементов деталей, их имплементация в САД-программах или установках прототипирования, обработки огромного количества информации в малый промежуток времени как для оптимизации технологического процесса изготовления конкретной детали, [1]. Цель данной работы – автоматизированное проектирование с разработкой трехмерных элементов детали «клапан» для машиностроения методом литья в песчано-глинистые формы и моделирование течения затвердевания на основе уравнения гидродинамики в программе LVM Flow на базе русского интерфейса.

Основная часть. Для создания трехмерных моделей конструкции отливки, литниковой системы и конструктивных элементов модельной оснастки, используем программный комплекс САПР SolidWorks, со спектром модулей расширения для анализа прочности, кинематики, оптимизации размеров, гибридного параметрического моделирования в специализированных приложениях русской разработки. На рис. 1 показан чертеж стальной 35ХМЛ детали «клапан» одноступенчатого шестеренного типа для нужд нефтегазовой промышленности, массой 37 кг.

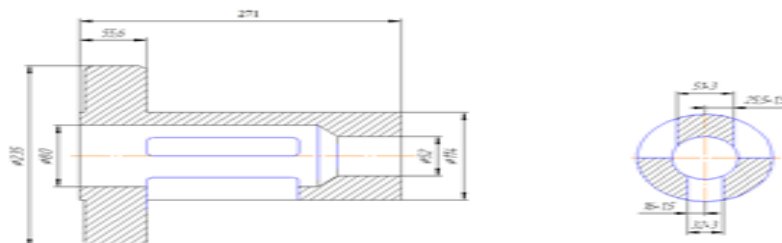


Рис. 1. Чертеж детали

Построение трехмерных моделей отливки и литниковой системы (рис. 2) начинали с чертежей эскиза центральной части детали, а их апробацию осуществляли в приложении Solidworks Flow Simulation для точного определения физических параметров сплава отливки, таких как температура, ее изменения на входе и выходе, перепадов давления жидкости. Трехмерные модели оснастки разработаны в программе SolidCAM на основе математических моделей из программного комплекса САПР, рис. 3. Динамику заполнения песчаной формы проследили посредством компьютерного моделирования, задавая граничные условия по параметрам технологического процесса, что позволило выделить варианты конструкции питания для данной отливки с требуемым ее

качеством и стойкостью оснастки, для чего были внесены изменения в конструкцию питания отливки. Уравнение теплопроводности в неоднородной среде и процесс затвердевания отливки оценили посредством специализированной программы LVM Flow на основе русского интерфейса, рис. 4.



Рис. 2 – Трехмерные модели отливки в Solidworks Flow Simulation

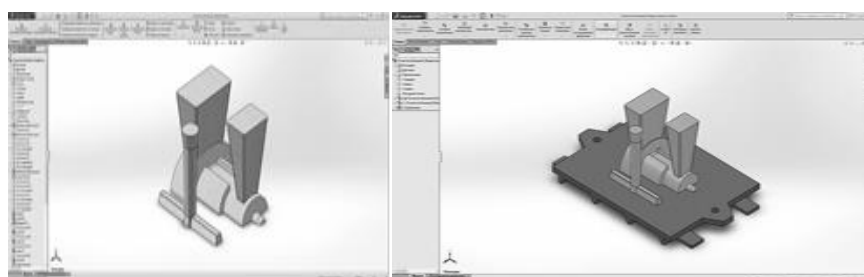


Рис. 3 – Трехмерные модели оснастки в SolidCAM

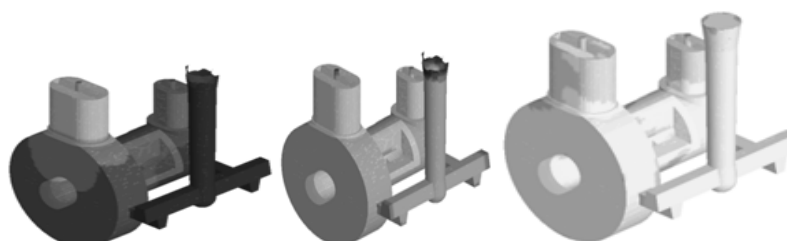


Рис. 4 – Оценка заливки посредством LVM Flow

Заключение. Таким образом, изучение CAD-программ позволило схематизировать знания курсантов на примерах реального производства деталей, что говорит об ориентации в физике изучаемых явлений и корреляции междисциплинарных знаний. Получены навыки моделирования процессов затвердевания отливок, углубленно изучено уравнение Навье-Стокса, виртуально наблюдаемы и анализированы гидротоки при заливке, изучены фазовые диаграммы состояния сплавов, используемых в практической деятельности предприятий оборонного комплекса.

Список литературы

1. Сушко Т. И. Междисциплинарное обучение курсантов физике посредством моделирования физических процессов затвердевания / Р. Ш. Караев, Т. В. Пашнева, С. В. Попов // Научный альманах – 2019. – № 6. – С. 128–134.

ОЦЕНКА УРОВНЯ ОБУЧЕННОСТИ КУРСАНТОВ ПО ПРЕДМЕТУ «ФИЗИКА» ПОСРЕДСТВОМ КОМПЬЮТЕРНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ

Сушко Т.И., канд. техн. наук, доц., *Кожемякин А.Е.*,
Хухрянская Е.С., канд. техн. наук, доц.
ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, РФ
tane2020102010@mail.ru

Введение. Развитие вычислительной техники, обучающих систем базируются на интеллектуализированных инструментальных средствах, воплощенных как в программном представлении, так и в электронных периферийных устройствах, [1]. Аппаратные возможности компьютеров расширили традиционные формы программных учебных разработок. Традиционный подход к педагогическому контролю состоит в том, что оценка успеваемости определяет соответствие учебной деятельности требованиям образовательного стандарта. Принцип адаптивности требует определения соответствия деятельности конкретной педагогической системы возможностям конкретного курсанта. При этом интерпретируются не единичные оценки или средний балл, а значения, отражающие динамику изменения интересующего измеряемого качества. Измерение результатов и оценка качественных и количественных показателей образовательной деятельности становятся актуальной педагогической проблемой.

Целью данной работы является пример оценки уровня обученности курсантов посредством программно-методического комплекса (ПМК) для тестирования знаний по дисциплине «Физика», с положительной обратной связью. Методика исследований основана на корректном и комплексном использовании теоретических основ и методов теории систем и системного анализа, теории принятия решений, математической статистики, вычислительной математики и физики, математической логики и теории баз данных.

Основная часть. Одним из критериев оценки качества образования является адаптивность человека к изменяющемуся социуму. Так или иначе, тестирование является неотъемлемой чертой современного педагогического процесса, единицей которого является педагогический тест как система заданий определенного содержания, возрастающей трудности, специфической формы, позволяющий выявить структуру знаний, умений обучающихся и измерить их. Задание в тестовой форме для современных компьютерных обучающих программ включает: инструкцию по выполнению задания; содержание задания; варианты ответов; образец полного и правильного ответа. В этом случае, задания в тестовой форме выполняют не только функцию самоконтроля, но также самоподготовки, самообучения.

Программная имитация обучения базируется на компактных алгоритмах настройки обучающих систем на обучаемого, доминантой стратегии, нацеленной на помощь обучаемому в усвоении новых и сложных элементов предметного множества понятий, закрепления логических связей между ними и создания достаточно полной базы знаний (заданий) в конкретной предметной области, [2]. Развитие компьютерных технологий обучения и их внедрение в учебный процесс демонстрирует особую целесообразность и эффективность в тех случаях, когда в результате происходит высвобождение преподавательского труда, либо процесса обучения от рутинной части, с одной стороны, либо, когда использование специфических возможностей компьютера как инструмента усиливает восприятие объектов предметной среды, с другой. Программно-методический комплекс (ПМК) информационный источник, содержащий различные типы информации, направленный на реализацию целей и задач современного образования, взаимосвязанная совокупность программного, информационного и методического обеспечения, необходимая для получения законченного проектного решения по объему проектирования или для выполнения определенных унифицированных процедур. Логическая структура ПМК представлена на рис. 1.

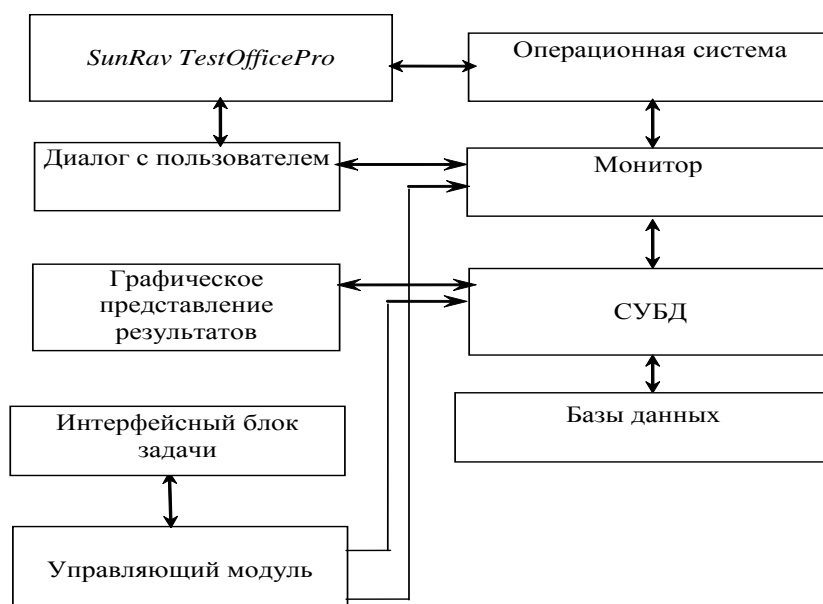


Рис. 1. Логическая структура ПМК

Данная автоматизированная подсистема должна обеспечивать:

- ввод и хранение информации о тестах, тестируемых и результатах;
- обмен данными между приложениями,
- возможности для расширения и масштабирования,
- графический вывод результатов.

На кафедре физики имеются разнородные и разнотипные тестовые наработки, представленные в различных форматах и представлениях,

поэтому наличие интерфейсных частей необходимо как для сохранения и представления в унифицированной форме, так для выгрузки тестов в сторонние приложения [3]. Программный комплекс, как часть и основа единого информационного пространства кафедры, предназначается для работы в среде *MS Windows*, необходим стандартный набор внешних устройств: монитор, жесткий диск, принтер и манипулятор мышь, наличие свободного места на жестком диске 4 Мбайт.

Заключение. Программа предусматривает следующие способы создания тестов:

1. Ввод вопросов и вариантов ответов непосредственно в *tMaker*, используя встроенный текстовый редактор. Преимущества этого способа в том, что вводить вопросы в этом случае гораздо удобнее, чем в текстовом редакторе. Кроме того, при использовании в вопросах возможно дополнительное форматирование текста и/или различных объектов, доступное только в данном редакторе.

2. Ввод вопросов и вариантов ответов в текстовом редакторе и последующий их экспорт в *tMaker*. Данный способ удобен в случае имеющихся тестовых материалов, созданных другими приложениями, в частности, в приложениях пакета *MS Office* (рис. 2).

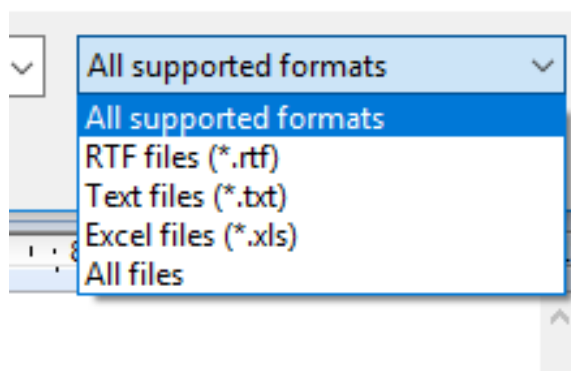


Рис. 2. Выбор импортируемого формата

Список литературы

1. Когаловский М. Р. Энциклопедия технологий баз данных. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 800 с.
2. Гурвиц Г. Microsoft Access 2010. Разработка приложений на реальном примере. – М.: БХВ-Петербург, 2017. – 496 с.
3. Фризен И. Г. Офисное программирование: Учебное пособие. – Москва: Дашков и К, 2013. – 244 с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

*Толстых М.А.*ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ
physicisto@yandex.ru

Введение. Распространение информации в социальных сетях в настоящее время является одним из важнейших орудий информационных войн. Понимание процессов, протекающих в социальных сетях, позволит контролировать распространение информации, вычислять фейковые источники новостей, влиять на сознание людей и т.д.

Распространение, или диффузия, информации, подчиняется определенным законам, и описывается большим количеством разнообразных моделей. Однако пространственно-временные закономерности распространения информации описываются лишь несколькими моделями в частных производных, наиболее развитой из которых в настоящее время является модель диффузионной логистики.

Основная часть. Пусть x – это расстояние в графе сети, измеряемое минимальным набором рёбер, по которым может быть передана информация $v(x, t)$ от узла-источника информации в виде репостов какой-либо новости. Считаем, что источник информации находится в узле x_a и в момент времени $t = t_0$ генерирует информацию $v(x_a, t_0)$ в виде одной новости (публикации). Тогда модель распространения информации в социальной сети представляет собой одномерное параболическое уравнение следующего вида [1]:

$$\frac{\partial v}{\partial t} - p \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - ruv = 0, \quad x, t \in \Omega = (x_a, x_b) \times (t_0, t_1),$$

$$v = 1 \text{ на } \Gamma_a = x_a \times (t_0, t_1), \quad \frac{\partial v}{\partial x} = 0 \text{ на } \Gamma_b = x_b \times (t_0, t_1).$$

Здесь информация $v(x, t) \in L_2(\Omega)$, где L_2 – евклидово пространство функций с интегрируемым квадратом; $p(x) \in L_2(x_a, x_b)$ – коэффициент популярности информации, который влияет на степень диффузии информации извне социальной сети; $r(t) \in L_2(t_0, t_1)$ – скорость роста информации за счёт пользователей, поделившихся новостью внутри сети; $u(x) \in L_2(x_a, x_b)$ – пропускная способность, т.е. максимально возможное количество поделившихся новостью пользователей на расстоянии x . Все функции $p(x)$, $r(t)$ и $u(x)$ определены на Ω , но зависят только от времени или пространства.

Идентификацию начнём с функции $u(x)$.

Для нахождения оптимального значения $u(x)$ запишем целевой функционал:

$$J(u) = \iint_{\Omega} (v - v_e)^2 dx dt \in E,$$

где v_e – экспериментально наблюдаемое состояние в реальной сети, E – это евклидово пространство действительных чисел.

Экстремальная задача параметрической идентификации будет выглядеть следующим образом [2]:

$$u_*(x) = \arg \min_{u \in L_2(S)} J(u),$$

где область $S = (x_a, x_b) \subset \Omega$. Ограничения на управление $u(x)$ отсутствуют.

В данной работе мы будем использовать формально обобщенный на бесконечномерные пространства метод наискорейшего спуска и метод с регулируемым направлением спуска [3], алгоритм которых можно записать как:

$$u^{k+1}(x) = u^k(x) - b^k \alpha(x) \nabla J(u^k; x), \quad x \in (x_a, x_b), \quad k = 0, 1, \dots,$$

где k – номер итерации, b^k – шаговый множитель, $\alpha(x)$ – параметр регулирования направления спуска, который для метода наискорейшего спуска равен единице, $\nabla J(u^k; x)$ – градиент функционала, найденный в работе [4].

Для выбора параметра-функции $\alpha(x)$ воспользуемся соответствующим выражением из [3]:

$$\alpha(x) = \frac{u^0(x)}{|\nabla J(u^0; x)|}.$$

Для оценки работоспособности данных алгоритмов была решена тестовая задача, в которой значения параметров $p(x)$ и $r(t)$ считались известными, и взяты из работы [1]:

$$p = 0.01, \quad r(t) = \frac{0.0059}{1.5526} - e^{-1.5526t} \left(\frac{0.0059}{1.5526} - 1 \right).$$

Для метода наискорейшего спуска и метода с регулируемым направлением спуска результаты идентификации показаны на рис. 1.

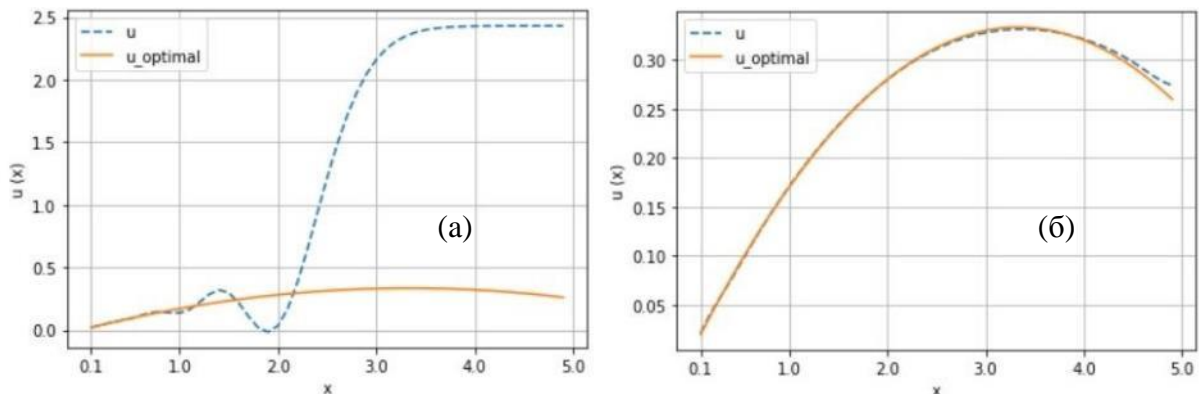


Рис. 1. Результаты идентификации: (а) – для метода наискорейшего спуска; (б) – для метода с регулируемым направлением спуска

Как видно на рисунке 1 (б), метод с регулируемым направлением спуска дает равномерную сходимость $u(x)$ к оптимальной заранее заданной функции $u_*(x)$ (сплошная и штриховая линии почти совпадают), в отличие от метода наискорейшего спуска, решение которым значительно расходится с оптимумом (штриховая линия значительно отклоняется от сплошной оптимали). Это объясняется существенно разной чувствительностью функционала к управлению в разных точках.

Заключение. Полученные результаты говорят о возможности применения прямого экстремального подхода для идентификации функции пропускной способности социальной сети. Также выявлено, что метод с регулируемым направлением спуска дает лучшую сходимость к оптимуму за меньшее количество итераций при разном начальном приближении управления, за счет параметра регулирования направления спуска $\alpha(x)$.

Список литературы

1. Wang H., Wang F., Xu K. Modeling Information Diffusion in Online Social Networks with Partial Differential Equations // Springer International Publishing. – Vol. 7, No. 1, 2020. – P. 144.
2. Толстых М. А. Задача идентификации параметров социальных сетей // Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2020» [Электронный ресурс] / Отв. ред. И. А. Алешковский, А. В. Андриянов, Е. А. Антипов. – М.: МАКС Пресс, 2020. – URL: https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2020/data/19485/uid4_40336_3efe39f4d1b77304e9cf6de05ed60536298a0fb1.doc (дата обращения: 02.10.2022).
3. Толстых В. К. Прямой экстремальный подход для оптимизации систем с распределёнными параметрами. – Донецк: Юго-Восток, 1997. – 178 с.
4. Толстых В. К. Необходимое условие оптимальности параметрической идентификации для распределённой модели социальных сетей / В. К. Толстых, М. А. Толстых // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. – Донецк: ДонНУ, 2021. – С. 63-68.

УДК 004.9: 378

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ

Фролова Т.А., Булгакова И.Ю., канд. фил. наук, доц.
ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», г. Омск, РФ
frolpi4774@mail.ru

Введение. Современное общество и его экономика под влиянием множества факторов регулярно сталкиваются с ростом и переменами, что не может не оказывать влияния на такую сферу деятельности как образование. В данной статье рассмотрены особенности современного

смешанного обучения. Выявлены и обоснованы принципы, на которых базируется смешанное обучение. Определены достоинства и недостатки смешанного обучения.

Основная часть. Как и многие другие сферы деятельности, ежегодно образование подвергается поступательным изменениям, стремясь адаптироваться к текущим реалиям и стать лучше. Однако, в исключительных случаях, изменения могут происходить резко и неожиданно. Таким случаем стала пандемия 2020 года.

Пандемия 2020 года вынудила образование перейти на дистанционный формат. Посредником между преподавателями и обучающимися стали современные IT-технологии, в особенности интернет-сервисы, предоставляющие возможности для совместной удаленной работы, проведения видеоконференций и иных способов коммуникации, подходящих для процесса обучения. И, несмотря на то, что спустя два года, ситуация с коронавирусом пусть и не полностью, но значительно облегчилась, формат дистанционного обучения не исчез, а обрел новую форму, называемую смешанным обучением [1, 2].

Формат смешанного обучения, как вероятно можно понять из его названия, подразумевает под собой чередование между привычным форматом очного обучения и дистанционным. Например, сначала обучающиеся слушают и смотрят онлайн-лекцию, проводимую преподавателем в формате видеоконференции, после чего посещают практические занятия в учебном заведении. Перед очными занятиями обучающиеся могут воспользоваться электронными ресурсами для самостоятельного обучения, повторения и закрепления необходимых знаний. Обладая необходимыми навыками для работы с электронными ресурсами, обучающиеся выполняют учебную деятельность в индивидуальном плане и развивают навыки планирования и самоконтроля [2].

В смешанном обучении можно выделить следующие важные принципы, такие как:

- каждый обучающийся самостоятельно ставит для себя цели, к которым он будет стремиться;
- обучающийся сам выбирает, чему и как он будет учиться;
- обучающиеся должны понимать, что сами отвечают за то, как они будут обучаться и каких результатов достигнут в итоге.

При реализации этих принципов в смешанном обучении мотивация обучающихся поддерживается благодаря возможности реализации собственных интересов в обучении.

Анализируя особенности смешанного обучения, важно выделить его преимущества и недостатки с точки зрения обучающихся [5]. Говоря о преимуществах, можно выделить следующие аспекты:

- Возможность обучаться в учебных заведениях и у преподавателей из других регионов, а также возможность использовать в обучении их учебные материалы.

- Возможность обучаться в удобное для себя время в удобном месте с использованием необходимых материалов в электронном виде даже при отсутствии на самих занятиях, что может быть огромным преимуществом, например, для трудоустроенных обучающихся, и не только. Работа с материалами в электронном виде может облегчать их восприятие, благодаря чему выполнять практические и самостоятельные работы может быть проще, в том числе и для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья [4].

- Возможность задавать вопросы, получать консультации от преподавателей и обратную связь онлайн, благодаря чему необходимую информацию можно получить оперативно, без необходимости встречаться лично, что в совокупности с другими перечисленными ранее аспектами смешанного обучения позволяет экономить время. Помимо этого, преподаватели и обучающиеся могут договориться между собой о том, какие каналы для связи они смогут использовать для общения вне формата учебных занятий, дабы иметь возможность проинформировать друг друга о чем-либо по необходимости или задать вопросы.

- Во время смешанного обучения при работе с электронными материалами в ходе их анализа и поиска, использовании различных онлайн-сервисов развивается информационная грамотность и формируются цифровые компетенции.

Вместе с тем в смешанном обучении можно выделить следующие недостатки, которые часто выделяют обучающиеся:

- Некоторые обучающиеся и преподаватели могут не иметь качественного доступа к Интернету, и учебное заведение также может не иметь возможности его предоставить, что подрывает саму по себе концепцию смешанного обучения.

- Отсутствие условий для подготовки к работе в цифровой образовательной среде для обеих сторон образовательного процесса, из-за чего могут возникать ситуации, когда разбираться, как работает тот или иной сервис, иногда приходится «на ходу», что замедляет и нарушает ход образовательного процесса, вызывает трудности в формировании соответствующих умений и навыков.

- Некоторым из обучающихся свойственна низкая эмоциональная вовлеченность при занятиях в онлайн-формате, поскольку они больше привыкли к живому общению с преподавателями. За счет чего в процесс онлайн-обучения они недостаточно включены, что ведет к его более низкой эффективности [3].

- У преподавателей может уходить много времени на создание электронных обучающих материалов, и, если времени оказывается недостаточно, их качество может ухудшаться.

- Необходимая для обучения по некоторым специальностям учебная литература может отсутствовать в электронном формате по тем или иным причинам.

Заключение. Таким образом, проведя анализ смешанного обучения с точки зрения обучающихся, можно сделать вывод, что данная форма обучения порождает достаточное количество проблемных вопросов при внедрении в образовательный процесс.

Список литературы

1. Богуш В. А. Цифровая трансформация высшего образования / В. А. Богуш // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: мат. XI Междунар. научно-практич. конф. – Минск: БГЭУ, 2018. – С. 444-453.
2. Фролова П. И. Проблемы цифровизации образования в условиях трансформации современного общества / П. И. Фролова // Вопросы педагогики. – 2019. – № 11-2. – С. 260-263.
3. Чердынцева Е. В. Влияние дистанционного обучения на состояние психологического здоровья учащихся / Е. В. Чердынцева, О. В. Якубенко, П. И. Фролова // Школьные технологии. – 2022. – № 3. – С. 111-115.
4. Чердынцева Е. В. Влияние дистанционного обучения на состояние физического здоровья обучающихся / Е. В. Чердынцева, О. В. Якубенко, П. И. Фролова // Проблемы современного педагогического образования. – 2021. – № 72-1. – С. 294-297.
5. Шашенкова Е. А. Специфические преимущества применения смешанного обучения в постпандемийный период в условиях цифровизации системы среднего профессионального образования / Е. А. Шашенкова // Вестник МГПУ. Серия: Современный колледж. – 2022. – № 1(1). – С. 27-35.

СОДЕРЖАНИЕ

Физика неравновесных процессов

<i>Алиева Н.М., Муканов Р.В.</i> Интенсификация процессов горения жидких топлив в высокопотенциальных электростатических полях	5
<i>Асланов П.В., Демидова Е.А., Рябченко Е.Э.</i> Исследование реологических свойств крови и кровезаменителей	8
<i>Джиенбаева А.А., Муканов Р.В., Муканова О.Р.</i> Разработка модернизированного сталагмометра для исследования зависимости изменения коэффициента поверхностного натяжения в электростатическом поле.....	11
<i>Дмитрук Ю.В., Толстых В.К.</i> Условия оптимальности формы сопла гидропушки ..	14
<i>Соколов К.И., Подрухин А.А., Чуяшенко С.В.</i> Способ измельчения твердых и хрупких материалов с помощью гидростатической обработки.....	17

Стандартизация и метрология

<i>Демченко Е.А.</i> Дефинитивные нормы и стандарты на кондитерские изделия	20
<i>Дорошенко В.Р., Фоменко С.А.</i> Внедрение ГОСТ Р ИСО 9001–2015 как инструмент развития инфраструктуры гостиничного хозяйства	23
<i>Куделина А.М.</i> Техническое регулирование безопасного обращения парфюмерно-косметической продукции на рынке г. Донецка	26
<i>Пометун Е.Д., Лебедев В.Н.</i> Совершенствование элементов автоматизированной системы исследования параметров нестационарных газовых потоков	29
<i>Пицелко Н.С.</i> Измерение сопротивления и диэлектрической проницаемости высокоомных материалов в постоянном электрическом поле	31
<i>Шкарубина А.А.</i> Идентификация масла сливочного по маркировочным данным	34

Прикладная экология

<i>Анохина Е.Ю., Медведев В.Н.</i> Анализ загрязнения придорожной почвы Червоногвардейского района города Макеевки тяжелыми металлами на примере цинка и меди	37
<i>Барбашова М.В., Карпинец А.П.</i> Физико-химические процессы технологии производства перспективных автомобильных топлив из промышленных отходов синтеза ПАВ	40
<i>Башевая Т.С., Тимофеев А.Н., Качан В.Н.</i> Обращение с твердыми коммунальными отходами: суть проблемы, направления решения	43
<i>Белецкий Я.О., Сердюк А.И.</i> Методы переработки и утилизации отработанных аккумуляторных батарей	46
<i>Братчун В.И., Беспалов В.Л., Пиеничных О.А., Леонов Н.С.</i> Экологическая безопасность производства литых асфальтополимерсеробетонных смесей	48
<i>Гусев М.Э., Мамаев В.В.</i> Эколого-экономическая целесообразность использования пеллет из лузги подсолнечника.....	51
<i>Коркишко В.В.</i> Экоинформатика и проблема биоразнообразия.....	54
<i>Мерзлякин В.Г., Болкина Г.И., Мишин В.Н., Паршина С.А.</i> Гляциальные среды как терморadiационные индикаторы изменчивости климата	56

<i>Несова А.В., Шестакин Н.С., Хархордин Е.В.</i> Способ отображения линий тектонических разломов территории ДНР на 3D модели планеты Земли	59
<i>Прилипко С.Ю., Кудрявцев Ю.А., Брюханова И.И., Головань Г.Н., Глазунова В.А., Бурховецкий В.В.</i> Производительность керамических фильтров при очистке шахтных вод	62
<i>Рипная М.М., Сердюк А.И.</i> Особенности электрохимического метода выделения свинца из сточных вод процесса переработки СКА	65
<i>Рудь И.А., Гулько С.Е.</i> Определение возможного экологического ущерба при нарушении целостности нефтепровода в случае «выход нефти на сушу»	67
<i>Хазипова В.В., Лапина Л.В.</i> Воздействие на экосистемы чрезвычайных ситуаций вследствие шквалов и смерчей	70
<i>Хазипова В.В., Мнускина Ю.В.</i> Пожары в природных экосистемах Донецкой Народной Республики	73
<i>Шатилюк А.В., Медведев В.Н.</i> Особенности газового контроля в угольных шахтах при использовании анализаторов метана АТ 1.1 и АТ 3.1	77
<i>Ширяева А.А., Бураева Е.А.</i> Оценка латерального и радиального распределения радионуклидов в почвах горной Адыгеи	79

Теоретическая физика и нанотехнологии

<i>Абрамов В.С.</i> Активные фемтообъекты, агрегаты и бозон Хиггса в кварк-глюонной модели	82
<i>Андрюшин К.П., Дудкина С.И., Саху С., Шилкина Л.А., Андрюшина И.Н., Вербенко И.А., Резниченко Л.А.</i> Кристаллическая структура, микроструктура и макроотклики твердых растворов шестикомпонентной системы на основе (Na,K)NbO ₃ и ЦТС	85
<i>Барбаишова В.И., Чайка Э.В., Бережная Т.С.</i> Получение и исследование проводимости биополимерных мембран на основе альгината натрия с наполнителем из диоксида циркония	88
<i>Безус А.В., Балко В.С.</i> Особенности доменных структур в двухслойной феррит-гранатовой пленке с различными характеристиками слоев	91
<i>Бойло И.В., Метлов К.Л.</i> Мемристоры с подвижными вакансиями	94
<i>Бутько В.Г., Гусев А.А., Хачатурова Т.А.</i> Наночастицы железа. Первопринципный расчет	96
<i>Глазунова Е.В., Шилкина Л.А., Вербенко И.А.</i> Фазообразование и диэлектрические свойства твердых растворов системы (1-x)Na _{0.5} Bi _{0.5} TiO ₃ - xNa _{0.5} K _{0.5} NbO ₃	98
<i>Глухова Ж.Л., Щёголева Т.А.</i> Представление взаимосвязи явлений в системах металл-водород с помощью диаграмм Хекмана	101
<i>Изотов А.И., Кильман Г.В., Сироткин В.В., Шалаев Р.В.</i> Исследование электрических свойств контакта металл-углеродная пленка	104
<i>Константинова Т.Е., Глазунова В.А., Волкова Г.К., Лоладзе Л.В., Носолев И.К.</i> Прозрачная керамика на основе диоксида циркония	107
<i>Кузнецов Д.В.</i> Активационные процессы в конденсированных средах	108
<i>Мельник Т.Н., Юрченко В.М., Терехов С.В., Петренко А.Г.</i> Особенности межзеренных и межфазных границ наноструктурных материалов	111
<i>Метлов Л.С., Гордей М.М.</i> Способ построения равновесной фазовой диаграммы сплава Cu _{1-x} Ag _x	114

<i>Михайлов В.И., Тарасенко Т.Н., Кравченко З.Ф., Ковалев О.Е.</i> Особенности магнитных характеристик мультиферроиков $\text{Bi}_{1-x}\text{Y}_x\text{FeO}_3$	117
<i>Мухин А.Б., Эфрос Н.Б., Николаенко Ю.М.</i> Управление доменной структурой и сенсорными характеристиками пленок на основе железоиттриевого граната..	119
<i>Омороков Д.Б., Евсикова Н.Ю.</i> Кинетика формирования дискретных наноструктур с твердотельными лучами	122
<i>Паладян Ю.А., Федоров С.А., Румянцев В.В.</i> Зависимость ширины запрещенной энергетической зоны неидеального 1D фотонного кристалла от концентрации дефектов структуры	124
<i>Пилипенко Е.А., Горбенко Е.Е.</i> Температура Дебая кристаллического AR с учетом трехчастичного взаимодействия и деформации электронных оболочек атомов в широком интервале давления.....	127
<i>Поляков П.И.</i> Законы объемной упругости в деформационно-энергетических процессах формирования фазовых переходов и физических свойств твердых тел	130
<i>Щелко Н.С.</i> Влияние миграционных процессов в ионных диэлектриках на их долговременную электрическую прочность.....	133
<i>Щелко Н.С.</i> Особенности электростатических полей и сил в межэлектродных зазорах микро- и нанометровых размеров	136
<i>Рыбалка А.Е., Гуменник К.В., Федоров С.А., Румянцев В.В.</i> Плотность состояний поляритонных возбуждений в неидеальной 1d решетке микропор, содержащих квантовые точки	138
<i>Самойленко З.А., Ивахненко Н.Н., Пушенко Е.И., Сычева В.Я., Бадекин М.Ю.</i> Особенности атомной структуры образцов $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{MnO}_3$	141
<i>Сирюк Ю.А., Безус А.В.¹ Бондарь Е.Д., Капиуков Р.А., Кононенко В.В.</i> Индуцированные фазовые переходы в магнитоодноосной пленке феррита-граната....	144
<i>Спиридонов Н.А., Удодов И.А., Сидак И.Л., Кара А.В., Кузенко Д.В.</i> Фотокаталитические свойства фотокатализаторов на основе нанодисперсного диоксида титана со структурой анатаз	147
<i>Сухорукова О.С., Тарасенко А.С.</i> «Темные» состояния спектра негерметичных – магнетонных поляронов в магнитных гетероструктурах со скользящими контактными поверхностями	150
<i>Тарасов Д.П., Деревянко Г.А.</i> Упругие свойства нанокмполитов системы $\text{Co}_x(\text{CaF}_2)_{100-x}$	152
<i>Токий Н.В., Токий В.В.</i> Влияние серы на полную энергию пластины (100) анатаза ..	155
<i>Токий Н.В., Токий В.В.</i> Поведение азота в шестислойной (100) пластине анатаза.....	158
<i>Федюк Д.В., Николаенко Ю.М., Решидова И.Ю.</i> Динамическое распределение температур в тонкопленочной болометрической структуре.....	161
<i>Хачатурова Т.А., Бутько В.Г., Гусев А.А., Лёдова А.В.</i> Параметры тонких плёнок оксидных диэлектриков в туннельных контактах.....	164
<i>Шемченко Е.И., Петренко А.Г., Милославский А.Г.</i> Влияние электрического поля dc-магнетрона на рост многослойных углеродных нанотрубок	167
<i>Шикина Т.В., Скрыпник М.Ю., Волков Д.В., Шилкина Л.А.</i> Влияние термодинамической предыстории на фазообразование и структурные характеристики системы твердых растворов $\text{BaZr}_x\text{Ti}_{1-x}\text{O}_3$	170

Радиофизика и инфокоммуникационные технологии

<i>Андрян И.В., Шиловский М.Р.</i> Средства контроля безопасности каналов связи	173
---	-----

<i>Бабичева М.В.</i> Атаки на JWT токены	176
<i>Глинин Е.В., Истратова Е.Е.</i> Автоматизация процессов сбора, обработки и хранения динамических характеристик опор воздушных линий электропередачи	179
<i>Данилов В.В., Третьяков И.А.</i> Исследование параметров поверхностных акустических волн посредством АСНИ	182
<i>Истратова Е.Е., Бартулей Е.Ю.</i> Сравнительный анализ программного обеспечения для мониторинга сетевого трафика.....	185
<i>Камалова Н.С., Матвеев Н.Н., Евсикова Н.Ю., Лисицын В.И., Внукова С.В.</i> К вопросу о возможностях вычислительного эксперимента	188
<i>Малашенко В.В., Малашенко Т.И.</i> Немонотонная зависимость предела текучести сплавов от плотности дислокаций при облучении мощными лазерными импульсами.....	191
<i>Опарина Е.В.</i> Модель действий злоумышленника при атаке на систему управления сетью синхронизации.....	194
<i>Панюшкин А.Н., Панюшкин Н.Н.</i> Эффективность применения дополнительной радиационной защиты на низкой околоземной орбите.....	197
<i>Рассолов М.А., Полуянович Н.К.</i> Выбор перспективной системы энергообеспечения квадрокоптера.....	200
<i>Третьяков И.А.</i> Классификация скрытых марковских моделей.....	203
<i>Третьяков И.А., Кулибаба В.В.</i> Обеспечение целостности в базах данных с помощью скрытых марковских моделей	206
<i>Чиванов А.В., Карьев Л.Г., Федоров В.А., Стерелюхин А.И.</i> Восстановление межатомных связей в ионных кристаллах в условиях облучения высокочастотным электромагнитным полем	209
<i>Шелехова О.Г., Кулаков Д.С.</i> Влияние отклонения частоты питающего напряжения на тепловое состояние асинхронного двигателя	212

Компьютерные технологии

<i>Абсалямова А.А., Гаврилов С.В.</i> Интеллектуальная обучающая система Java	214
<i>Аверин Г.В.</i> О количественных величинах, характеризующих понятие «информация»	216
<i>Алексеев В.Д., Мартыненко А.М.</i> Анализ современных игровых движков.....	219
<i>Андрьян О.В., Андрьян И.В.</i> Применение и перспективы развития медицинских экспертных систем	222
<i>Бабуркин Э.В., Нестругина Е.С.</i> Разработка языковых моделей для различных жанров текста и языка текста на основе глубокого обучения в системе автоматического реферирования текста	224
<i>Багмет Д.А.</i> Разработка приложения для iOS/iPadOS идентификации автомобилей.....	226
<i>Бондаренко В.И.</i> Визуальное представление моделирования затвердевания стальных слитков	229
<i>Бондаренко В.И., Бондаренко В.В.</i> Модели интеллектуального анализа данных для поддержки принятия решений по управлению образовательным процессом..	232
<i>Бондаренко В.И., Нестругина Е.С.</i> Система распознавания лиц преступников с помощью камер видеонаблюдения	236

<i>Бригида А.А.</i> Анализ программных средств мониторинга интернет-рынка автомобилей	238
<i>Ермоленко Т.В., Иванюков Б.Г.</i> Сравнение подходов к автоматическому исправлению ошибок в тексте на основе глубокого обучения для разработки своего метода, встроенного в систему анализа мнений пользователей.....	241
<i>Ермоленко Т.В., Кравченко О.А.</i> Проблемы анализа тональности текста в системе анализа мнений пользователей на основе глубокого обучения.....	244
<i>Звягинцева А.В.</i> Векторное представление процессов развития сложных систем и макрообъектов	247
<i>Изосимова С.А., Пигуз В.Н., Иващенко К.С.</i> Анализ запатентованных компьютерных интеллектуально-духовных средств, их нормализующих возможностей при использовании для саморегуляции психоэмоциональных состояний личности.....	250
<i>Колягин И.В., Нестругина Е.С.</i> Применение системы распознавания лиц для обеспечения доступа на режимный объект.....	253
<i>Котенко В.Н., Котенко Ю.В.</i> Применение инновационных технологий для продажи чаев и чайных аксессуаров.....	256
<i>Котенко В.Н., Мелиневский Р.В.</i> Использование современных технологий для тестирования соискателей при подборе профессии.....	259
<i>Кулик А.С.</i> Разработка игры на основе технологии дополненной реальности Apple ARKit.....	262
<i>Мартыненко А.М., Васильев С.В.</i> Анализ нейронных сетей «Stable Diffusion» для генерации фотографий, по преобразованию текста в изображение.....	265
<i>Маслов Н.С., Мартыненко А.М.</i> О разработке десктопного приложения для проведения тестирования студентов	267
<i>Полуянович Н.К., Дубяго М.Н.</i> Компьютерные технологии в образовании студентов технической специальности при дистанционном обучении.....	270
<i>Полякова И.С.</i> Исходный код. Алгоритм сравнения двух чисел с помощью места ноля в числе.....	273
<i>Ракитянская А.Э.</i> Разработка модели динамики метеорологических показателей атмосферы по данным автоматизированных метеостанций	276
<i>Сушко Т.И., Ильинский С.В., Хухрянская Е.С.</i> Компьютерное проектирование получения стальных литейных деталей	278
<i>Сушко Т.И., Кожемякин А.Е., Хухрянская Е.С.</i> Оценка уровня обученности курсантов по предмету «Физика» посредством компьютерного сопровождения.....	281
<i>Толстых М.А.</i> Идентификация параметров социальных сетей	284
<i>Фролова Т.А., Булгакова И.Ю.</i> Проблемы применения компьютерных технологий при организации смешанного обучения посредством образовательных платформ	286

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ДОНЕЦКИЕ ЧТЕНИЯ 2022:
ОБРАЗОВАНИЕ, НАУКА, ИННОВАЦИИ,
КУЛЬТУРА И ВЫЗОВЫ СОВРЕМЕННОСТИ**

Материалы
VII Международной научной конференции,
посвящённой 85-летию
Донецкого национального университета,
27–28 октября 2022 г.,
г. Донецк

**ТОМ 2
Физические, технические
и компьютерные науки**

под общей редакцией проф. *С.В. Беспаловой*

Ответственный за выпуск доц. *И.А. Третьяков*

Дизайн обложки	<i>А.Ю. Гурина</i>
Технические редакторы	<i>В.Г. Медведева, М.В. Фоменко</i>
Компьютерная верстка	<i>В.Г. Медведева</i>

Адрес оргкомитета:

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
ул. Университетская, 24, г. Донецк, 83001, ДНР, РФ.
E-mail: *science.prorector@donnu.ru*

Подписано в печать 20.10.2022 г.
Формат 60×84/16. Бумага офисная.
Печать – цифровая. Усл.-печ. л. 17,2.
Тираж 100 экз. Заказ № 22окт17/2.
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.