



МАТЕРИАЛЫ
VIII Международной научной конференции

ДОНЕЦКИЕ ЧТЕНИЯ 2023:

образование, наука, инновации, культура
и вызовы современности



Том 2

Физические, технические
и компьютерные науки



Уважаемые коллеги! Дорогие друзья!

От имени ректората, Ученого совета Донецкого государственного университета, всего академического сообщества Донецкой Народной Республики приветствую всех друзей из различных регионов Российской Федерации, принимающих участие в традиционной, теперь уже VIII Международной научной конференции. **«Донецкие чтения 2023: наука, образование, инновации, культура и вызовы современности».**

Минуло восемь лет с тех пор, как в нашем университете прошла **первая конференция**, которая за последующие годы приобрела широкую известность, стала авторитетным научным собранием, привлекла внимание большого числа отечественных ученых, а также государств СНГ и других зарубежных стран. Расширился спектр рассматриваемых научных направлений и вовлеченность в научные дискуссии известных ученых и специалистов-практиков, возрастают актуальность и практическая значимость представляемых научных результатов.

«Донецкие чтения» приобретают в период десятилетия Науки и технологий особую актуальность.

В 2018-2019 годах конференция **«Донецкие чтения»** проводилась как составная часть Международных форумов **«Русский мир и Донбасс: от сотрудничества к интеграции образования, науки, инноваций и культуры».**

Эти форумы стали судьбоносными событиями в социально-экономической, общественно-политической, научно-образовательных сферах жизни Донецкой Народной Республики; способствовали достижению поставленной нами цели – вхождения в состав Российской Федерации, возвращение на свою историческую Родину.

Если по итогам первой конференции труды с материалами докладов включали **восемь томов**, то в прошлом году, несмотря на непростые условия работы, масштабы представленных исследований на конференцию возросли **более чем в два раза**.

Сегодня Международную многопрофильную научную конференцию «Донецкие чтения» мы проводим уже **второй раз в составе Российской Федерации**.

На Конференции будут представлены **1910 научных докладов в четырнадцать профильных секциях**. Будут также работать **восемьдесят одна подсекция и пятнадцать круглых столов**.

Труды конференции сейчас доступны в электронной форме, составляют **десять томов в семнадцати книгах** общим объемом **почти 6000 страниц** и будут размещены в наукометрической базе РИНЦ.

Донецкие чтения вносят достойный вклад в решение задач **Десятилетия науки и технологий**, объявленного Президентом России Владимиром Владимировичем Путиным с 2022-2031 годы.

В ходе конференции приглашаю вас к обстоятельному разговору о способах и механизмах скорейшего внедрения новых, прорывных научных разработок, с тем, чтобы наши достижения способствовали укреплению суверенитета и безопасности Донецкой Народной Республики, нашей страны, росту качества жизни россиян.

Практика проведения наших конференций активно и заинтересованно поддерживается органами власти Донецкой Народной Республики, Министерством образования и науки ДНР, Русским Центром, а также участием в ней целого ряда ученых с мировым именем!

Желаю успехов всем участникам конференции, а всем нам – новых научных достижений во благо России!

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

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

VIII Международная научная конференция

Материалы
конференции

Том 2

**ФИЗИЧЕСКИЕ,
ТЕХНИЧЕСКИЕ И
КОМПЬЮТЕРНЫЕ
НАУКИ**

Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности

г. Донецк
25–27 октября 2023 г.

Донецк
Издательство ДонГУ
2023

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

Редакционная коллегия:

С.В. Беспалова (гл. ред.), А.В. Белый (зам. гл. ред.),
М.В. Фоменко (отв. секр.), 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 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы VIII Международной научной конференции (Донецк, 25–27 октября 2023 г.). – Том 2: *Физические, технические и компьютерные науки* / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонГУ, 2023. – 382 с.

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

Во второй том материалов VIII Международной научной конференции «Донецкие чтения 2023: 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.

Освещенные 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, 2023

© Донецкий государственный университет, 2023

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель:

Беспалова С.В., д-р физ.-мат. наук, профессор, ректор Донецкого государственного 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:

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).

Белый А.В., канд. хим. наук, доцент, проректор Донецкого государственного 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).

Глухов А.З., д-р биол. наук, главный научный сотрудник Донецкого ботанического сада, профессор кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета (г. Донецк).

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).

Липгарт 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).

Некителов 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 ФГБНУ «Научно-исследовательский институт «Реактивэлектрон» (г. Донецк).

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

Приходько С.А., канд. биол. наук, ст. науч. сотр., директор ФГБНУ «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 ФГБНУ «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).

Сидорова М.Ю., д-р филол. наук, профессор, профессор кафедры русского языка Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва).

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

Соколов И.А., д-р техн. наук, профессор, академик РАН, декан факультета вфчислительной математики и кибернетики, зав. кафедрой информационной безопасности Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва)

Судаков С.Н., д-р физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., и.о. директора ФГБНУ «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).

ФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Физика неравновесных процессов

УДК 662.99

РЕКУПЕРАЦИЯ ТЕПЛОТЫ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ

Бирюков А.Ю., Муканов Р.В., Мухин А.А., канд. биол. наук, доц.
ГБОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный
университет», г. Астрахань, РФ
rvmukanov@mail.ru

Введение. Совершенствование строительных технологий, нормативной документации сводов правил, требуют от инженерных систем минимизации потерь тепла, это касается в том числе и вентиляционных систем.

Цель обзорного исследования, выявление наиболее эффективных технологий рекуперации вентиляционных выбросов, и разработки на ее основе систем рекуперации для использования в системах вентиляции административных и производственных зданий. Результаты обзорного исследования будут использованы в первой главе диссертационной работы.

Основная часть. Достаточно давно люди уже замечали ценность теплоты, содержащейся в выбрасываемом воздухе. Уже в Древнем Риме использовались каналы подземного конвекционного нагрева, чтобы перенаправлять теплый воздух и сохранять его в жилых помещениях. В конце XIX века при развитии промышленности стала возрастать потребность в рекуперации теплоты в промышленных процессах. В 1873 году произошло первое патентование системы рекуперации воздуха в Великобритании.

Рекуперация вентиляционных выбросов – это процесс использования теплоты или энергии, содержащейся в выбросах вентиляционной системы, для нагрева или охлаждения воздуха, поступающего в помещение. Целью рекуперации является повышение энергетической эффективности системы вентиляции и уменьшение энергозатрат. Схема рекуперации воздуха показана на рис.

В системах вентиляции используется несколько типов рекуператоров: пластинчатые, роторные, рекуператоры с промежуточным теплоносителем, камерные рекуператоры, рекуператоры на основе тепловых труб.

Некоторые типы рекуператоров работают таким образом, что может происходить смешивание потоков или они работают циклично, пропуская через аккумулирующие тепло поверхности, попеременно приточный и вытяжной воздух, а некоторые виды рекуператоров являются герметичными, в них потоки воздуха не смешиваются, что позволяет избежать перемещению запахов в вентилируемое помещение.

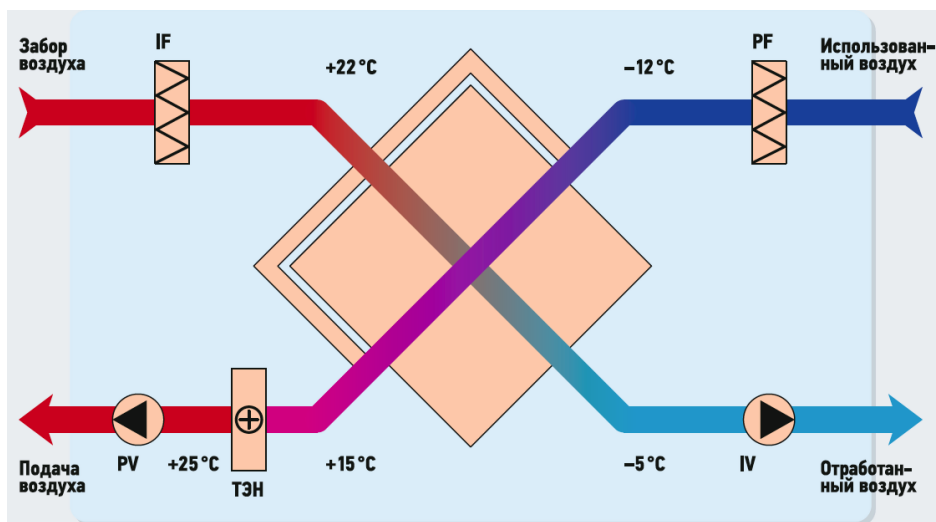


Рис. Схема рекуперации воздуха с дополнительными ТЭНами.

Эффективность процесса рекуперации составляет от 50 до 80%, что говорит о хороших перспективах экономии тепловой энергии при использовании рекуперации в вентиляционных системах. Выбор конкретного метода рекуперации зависит от требований и особенностей конкретной системы вентиляции. Решение о применении рекуперации вентиляционных выбросов, следует принимать с учетом специфических потребностей и условий каждого случая.

В связи с тем, что коэффициент теплоотдачи воздуха даже при вынужденной конвекции низкий, то для повышения эффективности работы рекуператоров, можно отметить несколько перспективных направлений:

1) Повышение эффективности теплообмена. Разработчики постоянно работают над улучшением конструкции рекуператоров для повышения эффективности передачи тепла между поступающим и выбрасываемым воздухом. Это может включать использование специальных материалов с хорошей теплопроводностью, оптимизацию геометрии пластин или применение передовых технологий для минимизации потерь тепла.

2) Очистка и поддержка. Рекуператоры требуют регулярной чистки и технического обслуживания, чтобы поддерживать их работоспособность и эффективность. Для упрощения этим процессом разрабатываются усовершенствованные методы доступа и организация системы самоочистки.

3) Интеграция с другими системами. Рекуператоры становятся все более интегрированными с другими системами вентиляции, отопления и охлаждения в зданиях. Это позволяет оптимизировать работу системы в целом и снизить энергопотребление.

4) Использование альтернативных источников энергии. Усовершенствованные рекуператоры также могут использовать различные источники энергии, такие как солнечная энергия или тепло, произведенное другими системами внутри здания, в том числе и электричество

полученные в фотоэлектрических коллекторах. Это позволяет дополнительно снизить энергозатраты.

Заключение. История развития рекуператоров в системах вентиляции продолжается. Внедряются технологии компьютерного моделирования, разрабатываются материалы с требуемыми характеристиками, усовершенствуются процессы интенсификации теплообмена внутри рекуператоров. Это способствует широкому внедрению рекуператоров, повышению энергоэффективности, снижению затрат на эксплуатацию.

Список литературы

1. Вишневский, Е.П. Рекуперация тепловой энергии в системах вентиляции и кондиционирования воздуха / Е. П. Вишневский // С.О.К. – 2004. –№11.-С. 155-167.
2. 1. Besant, R.W., P.E., and Allan B. Johnson. Reducing energy costs using run-around systems. ASHRAE Journal, February 1995, Vol. 37, no. 2:41-46, 3 figs, 13 refs. ISSN 0001-2491, 1995.
3. Рекуперация тепла. Преимущества термодинамической рекуперации». – Текст : электронный // Сантехника, отопление, кондиционирование (СОК). – 2023. – URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/rekuperaciya-tepla-preimuschestva-termodinamicheskoy-rekuperacii> (дата обращения: 14.08.2023).

УДК 669.788:539.37

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНДУЦИРОВАННЫХ ВОДОРОДОМ ЭФФЕКТОВ В СИСТЕМАХ МЕТАЛЛ-ВОДОРОД

Глухова Ж.Л., канд. физ.-мат. наук, доц., *Щеголева Т.А.*
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, РФ
zhglukhova@yandex.ru

Введение. Проблема взаимодействия водорода с металлами остается актуальной на протяжении уже более ста лет. Изучение систем металл-водород представляет не только научный интерес, но и имеет практическое значение для развития перспективных направлений современной техники (атомной и водородной энергетики). Цель настоящей работы – обобщить результаты исследований индуцированных водородом эффектов в системах металл-водород.

Основная часть. Важнейшим фактором водородного воздействия на материалы являются водородные концентрационные напряжения (ВК-напряжения). Наблюдаемым макроскопическим эффектом, который обусловлен появлением и релаксацией ВК-напряжений, является формоизменение палладиевых пластин при их одностороннем насыщении водородом. Формоизменение палладиевых пластин при их одностороннем

насыщении водородом из газовой фазы изучено в диапазоне температур 100-150°C и давлений, соответствующих α -области твердого раствора водорода в системе Pd-H [1]. Экспериментально установлено, что за полный цикл водородного воздействия (насыщение-дегазация) формоизменение является полностью обратимым. При насыщении пластинки в формоизменении четко выделяются две составляющие – обратимая и необратимая. В зависимости от давления водорода при различных температурах обратимая и остаточная составляющие ведут себя по-разному. Так, при 150°C с ростом давления водорода растет максимальное формоизменение и его обратимая часть, а необратимая практически не изменяется. С понижением температуры увеличивается вклад необратимой составляющей и изменяется ее поведение. И уже при 100°C при увеличении давления водорода вместе с максимальным формоизменением возрастает и его необратимая часть. Проведенные на основе системы уравнений водородоупругости [2] расчеты распределения концентрации водорода по толщине пластины при ее одностороннем насыщении показали, что ВК-напряжения настолько сильно замедляют диффузионный процесс, что за экспериментальные времена (30-40 мин) не происходит выравнивания концентрации водорода по толщине пластинки. Если распределение концентрации рассчитывать по уравнению Фика, то при чисто диффузионном насыщении (без учета ВК-напряжений) в интервале температур 100-150 °C процесс завершается полным выравниванием концентрации водорода по толщине пластины уже через 10 мин. Таким образом, остаточные формоизменения и их поведение в зависимости от давления при различных температурах можно объяснить остаточными градиентами концентрации, обусловленными синергетическим эффектом влияния ВК-напряжений на процесс диффузии водорода.

С понижением температуры коэффициент диффузии водорода уменьшается и влияние ВК-напряжений усиливается. Поэтому представляло интерес изучить формоизменение палладиевых пластин при их электролитическом насыщении при комнатной температуре. С этой целью была создана установка и разработана методика электролитического наводороживания образцов в виде пластин [3]. Временная зависимость стрелы прогиба образца в реальном времени представлена на рис. 1.

Как видно из рисунка, изгиб Pd-пластины наблюдается сразу после катодного подключения образца, во временной зависимости формоизменения можно выделить две стадии. Первая соответствует малым изгибам пластины, которые обусловлены образованием α -фазы в приповерхностном слое образца на начальной стадии наводороживания (0-10000 с). Из-за низкого коэффициента диффузии водорода при комнатной температуре он не проникает вглубь образца и образует гидридную фазу в приповерхностном слое. При этом наблюдается значительный рост величины стрелы прогиба. Это вторая стадия, она соответствует интервалу 10000-25000 с. Плотность тока при электролитическом насыщении водородом определяет

интенсивность миграции ионов водорода к катоду, поэтому при увеличении плотности тока в диапазоне $0,6-2,0 \text{ mA/cm}^2$ наблюдали значительное увеличение и изгибов пластинки. Результаты экспериментов по исследованию влияния плотности тока на величину изгиба Pd-пластин представлены на рис. 2.

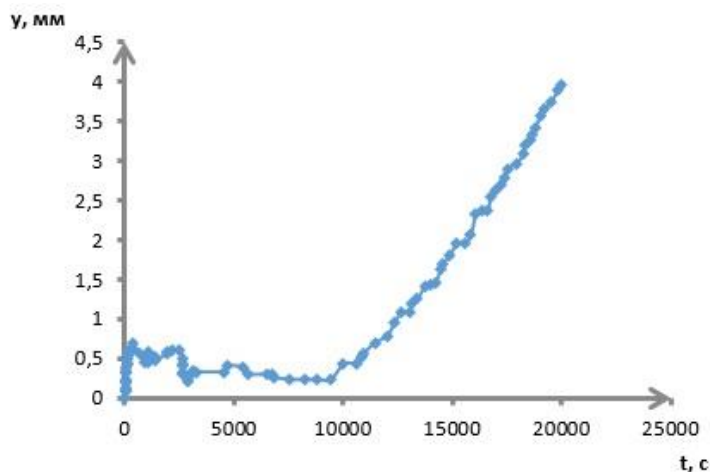


Рис. 1. Временная зависимость стрелы прогиба Pd-пластины при ее одностороннем насыщении водородом (5% р-р H_2SO_4 +1,5 г/л тиомочевины)

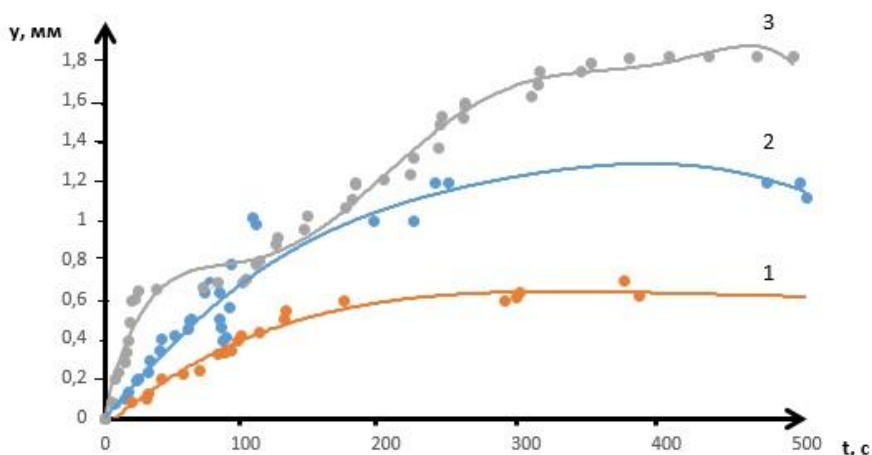


Рис. 2. Временная зависимость стрелы прогиба пластины при ее одностороннем электрохимическом насыщении водородом.
Плотность тока: 1 – $0,6 \text{ mA/cm}^2$, 2 – $1,0 \text{ mA/cm}^2$, 3 – $2,0 \text{ mA/cm}^2$.

Экспериментально установлено [4], что при электролитическом насыщении палладиевых пластин на величину формоизменения существенно влияют такие факторы как концентрация тиомочевины в растворе, плотность тока и время наводороживания.

Заключение. При одностороннем насыщении водородом как из газовой фазы, так и при электролитическом насыщении палладиевая пластина изменяет свою форму закономерным образом. Установленные закономерности водородоупругого формоизменения могут быть использованы в технологиях водородной обработки и при эксплуатации изделий из палладия и его сплавов в водороде и водородосодержащих средах.

Список литературы

1. Глухова, Ж.Л. Явление водородоупругости в системах металл-водород / Ж.Л. Глухова, В.А. Гольцов // Альтернативная энергетика и экология. – 2014. – № 1. – С. 138–151.
2. Глухова, Ж.Л. Система уравнений водородоупругости / Ж.Л. Глухова // Журнал теоретической и прикладной механики. – 2020. – № 4(73). – С. 56–61.
3. Ветчинов, А.В. Электрохимическая водородная установка для исследования формоизменения металлов и сплавов / А.В. Ветчинов, В.А. Гольцов, Т.А. Щеголева // Вестник ДонНТУ. Специальный выпуск «Металлургические процессы и оборудование». – 2016. – №4(4). – С. 23–26.
4. Щеголева, Т.А. Методика экспериментального исследования формоизменения металлических пластин / Т.А. Щеголева, Ж.Л. Глухова, А.В. Ветчинов // Журнал теоретической и прикладной механики. – 2021. – № 3(76). – С. 25–31.

УДК 669.012.9

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕШЕНИЙ В РАФИНИРОВАНИИ СТАЛИ

Коркишко В.В.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
v.korkishko@donnu.ru

В промышленности используется широкий спектр марок стали, каждая из которых имеет не столько специфичный химический состав, но и определенный уровень содержания вредных примесей, газов и неметаллических включений. Для получения высококачественной стали требуется достижение высокой чистоты металла, и одним из наиболее популярных и простых способов рафинирования является вакуумирование стали в ковше с одновременной продувкой аргоном. Преимущества такого метода в том, что пузырьки инертного газа естественным образом усиливают массоперенос в ковше, выравнивая химический состав и температуру металла, а также интенсифицируют всплывание неметаллических включений к поверхности, где они превращаются в шлак и могут быть удалены механически.

Однако неправильно подобранный режим подачи аргона может привести к избыточному охлаждению, и как следствие к затвердеванию стали у стенок ковша, а также к излишней турбулентности стали, приводящей к захвату шлаковой смеси с поверхности и втягиванию ее обратно в расплавленный металл [1].

Изменение конструкции ковша или подающих аргон фурм требует дополнительных экономических затрат, однако поиск оптимального для заданной чистоты стали режима подачи аргона методом оптимизации не только экономически выгодно, но и снижает нецелевые затраты ресурсов.

На первом этапе использования математического аппарата для решения задачи оптимального управления качеством стали необходимо формализовать задачу и выбрать критерий оптимальности.

В общем случае, задача рафинирования стали должна быть поставлена как задача минимизации концентрации примесей с максимумным критерием оптимальности, в качестве целевой функции которого в зависимости от марки стали принимают концентрацию того типа загрязнения, которое максимально нарушает технологические требования к отливаемому металлу [2].

Затем необходимо установить связи между концентрацией примесей и скоростью и режимом подачи аргона, установить ограничения на изменение температуры металла и степень турбулентности потоков расплавленной стали. После постановки формальной задачи, намечают схему вычислительного алгоритма, работа которого считается верной при достижении удовлетворительной сходимости.

Численные методы оптимизации являются наиболее универсальными в теплотехнике, в частности в металлургии. Однако существует ряд недостатков таких решений: опасность попадания на локальный экстремум, слишком большие затраты машинного времени, недостаточная точность вычислений. Среди применяемых в металлургии аналитических методик оптимального управления [3], следует отдельно отметить принцип максимума, линейное и динамическое программирование как наиболее подходящие для решения задачи рафинирования.

Решение задач с использованием принципа максимума чаще всего предполагает линеаризацию задач конвекции и теплопроводности. Кроме того, допустимо установление неизменности теплофизических свойств металла, а также применимость линейных граничных условий II и III рода, некоторое упрощение геометрических характеристик стенок ковша и др.

Метод линейного программирования определяет систему переменных величин, минимизирующих заданную целевую функцию при введении ограничений на все переменные и их линейные комбинации.

Динамическое программирование чаще всего используется для многостадийных процессов нагрева металла, что не отменяет его эффективности при решении задачи рафинирования стали. Суть данного подхода заключается в том, чтобы результаты были оптимальны для всего процесса в целом, а не только для отдельных его стадий: режим считается оптимальным в целом, если он оптимален на завершающей стадии.

Таким образом, следует отметить актуальность задач оптимального управления процессами рафинирования металла. Управляемый оптимальным образом процесс очистки стали позволяет сократить непроизводительные потери сырья и материалов, обеспечить наибольшую эффективность использования имеющегося оборудования, а также получить требуемые технологические характеристики производимого

металла с максимальным быстродействием, что в целом ведет к значительному снижению себестоимости выпускаемой продукции.

Список литературы

1. Недопекин Ф.В. Моделирование гидродинамических и тепломассообменных процессов в металлургических технологиях / Ф.В. Недопекин, В.В. Белоусов // Вестник удмуртского университета. Физика. Химия. – 2008. – Т. 1. – С. 189 - 199.
2. Цаплин А.И. Моделирование теплофизических процессов и объектов в металлургии: учеб. пособие / А. И. Цаплин, И. Л. Никулин – Пермь: Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – 299 с.
3. Основные методы оптимизации режимов нагрева металла / С.М. Козлов, В.И. Тимошпольский, В. Б. Ковалевский [и др.] // Литье и металлургия. – 2000. – № 3. – С. 68 – 71.

УДК 696.42

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ МОДЕЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ СТАЛАГМОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Муканов Р.В.¹, Мухин А.А.¹, канд. биол. наук, доц., Вагина О.Р.²

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

²МУП «Астрводоканал», г. Астрахань, РФ

rvmukanov@mail.ru

Введение. Разработка способа диспергирования применимого к распылению жидких топках в электростатических форсунках требует проведения экспериментов по оценки эффективности распыла.

Цель исследования, подтверждения работоспособности электростатического способа диспергирования на модельной жидкости, и соответствия результатов теории.

Основная часть. Для проведения экспериментальных исследований нами был выбран сталагмометрический метод [1].

Выбор сталагмометрического метода, который был разработан применительно к определению величины поверхностного натяжения жидких сред, обусловлен следующими обстоятельствами. Как показал проведенный нами анализ основной общепринятой методики исследования дисперсных характеристик частиц, образующихся в процессе диспергирования, является определение диаметра частиц в динамике распада исходного вещества на капли. К недостаткам этой методики можно отнести:

- трудоемкость исследования;

- высокую стоимость специализированного оборудования (оптического анализатора дисперсности);
- погрешность измерения при оценке размера малых частиц диспергирования вследствие преломления луча лазера и выхода его из области, контролируемой датчиками и т.д.

Идея использования модернизированного сталагмометра не только для определения величины поверхностного натяжения жидких веществ, но и для целей определения зависимости размеров образующихся при распыливании частиц в зависимости от параметров электростатического поля $d_q = f(U)$, родилась на базе анализа аналитических зависимостей [2]:

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

- где r_q – радиус капель после распыления в высоковольтном поле, м;
 r – радиус капель без воздействия высоковольтного поля, м;
 ε – относительная диэлектрическая проницаемость;
 $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}$ – диэлектрическая постоянная А×с/В×м
 U – напряжение, подаваемое на систему электродов, В;
 σ – поверхностное натяжение капли Н/м;

Из выражения (1) следует, что размеры частиц диспергируемого вещества в электростатическом поле r_q при прочих равных условиях зависят только от электрических характеристик, напряженности электрического поля, величины поверхностного натяжения, и не связаны со способом образования новой поверхности. Апробация этой идеи позволяет осуществить определение диаметра образующихся капель d_q не в процессе диспергирования (распада на более мелкие частицы), а в процессе образования новой единичной поверхности (капли), которое происходит, в частности при сравнительно не высокой скорости истечения анализируемого вещества из капиллярного канала.

Использование в качестве модельной жидкости дистиллированной, а не водопроводной воды объяснялось тем, что дистиллированная вода, обладающая меньшими проводящими свойствами, чем водопроводная это дает возможность приблизить электрофизические свойства предложенной модельной жидкости, к электрофизическим свойствам жидких топлив. Исследования проводились на разработанном нами экспериментальном стенде (рис. 1).

Модельная жидкость, помещалась в ёмкость с делениями (см. рис.1), представляющая собой медицинский шприц объёмом 20 мл, закреплённый неподвижно на стойке. При помощи зажима-регулятора имелась возможность контролировать скорость подачи жидкости в трубке, которая соединена со штуцером. Этот штуцер является положительным электродом, а в качестве отрицательного - применялся алюминиевый диск

диаметром 200 мм и толщиной 3 мм, закреплённый в горизонтальной плоскости. Высоковольтное напряжение поступало на электроды с разработанного нами высоковольтного блока.



Рис. 1 Общий вид экспериментальной установки

Результаты экспериментального исследования процесса диспергирования в высоковольтном электростатическом поле модельной жидкости сталагмометрическим методом представлены рис.2. Измерения проводились в диапазоне от 500 до 6000 В.

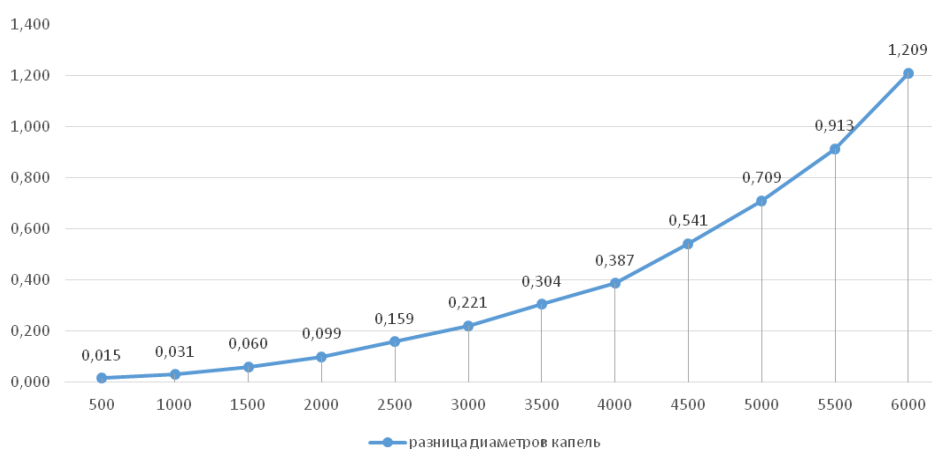


Рис. 2 Экспериментальная зависимость $\Delta d_q = f(U)$ в прямоугольной системе координат

Вывод. Анализ графика изменения диаметра капель на рис. 2 показывает близкую к параболе зависимость $d_q = f(U)$, что соотносится с теорией (1).

Список литературы

1. Свинцов В.Я., Муканов Р.В. Разработка метода исследования физических характеристик жидкого топлива в высоковольтном электростатическом поле // Промышленное и гражданское строительство. –2012. № 8. – С. 26-28.
2. Пажи Д.Г. Распыливающие устройства в химической технологии. / А. А. Корягин, Э. П. Ламм. – М.: Химия, 1975. – 199 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ СТЕНДЕ АС-5

Финошин Н.В., канд. физ.-мат. наук, доц., **Попова А.Е.**,
Юрлов Ю.Ю., **Дубченко И.И.**

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
finoshin@donnu.ru

На кафедре физики неравновесных процессов, метрологии и экологии им. И.Л. Повха физики-технического факультета ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет» был разработан и смонтирован аэродинамический стенд АС-5 для исследования течений воздушного потока по трубопроводам с периодически изменяющимся поперечным сечением (ТПИПС).

Основное назначение АС-5 исследование возможности снижения коэффициентов полного гидродинамического сопротивления λ путем использования ТПИПС с определенно выбранным законом изменения площади поперечного сечения.

На АС-5 исследовался трубопровод с периодически изменяющимся поперечным сечением, состоящий из конфузорно-диффузорных повторяющихся участков, изменяющихся по синусоидальному закону.

Для экспериментального определения коэффициентов полного гидродинамического сопротивления ТПИПС λ используется следующая формула:

$$\lambda = \frac{\Delta P}{Q^2} \frac{d^5 \cdot \pi^2}{8 \cdot l \cdot \rho} = \frac{\Delta P}{Q^2} \cdot B, \quad (1)$$

где $B = \frac{\pi^2 \cdot d^5}{8 \cdot l \cdot \rho};$

l – длина участка ТПИПС, на котором измеряется перепад давления ΔP , м;

d – диаметр в тех точках ТПИПС, на котором измеряется перепад давления ΔP , м;

ρ – плотность воздуха, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$

ΔP – перепад давлений на участке ТПИПС длиной l , Па;

Q – расход воздуха, $\frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$

На рис. приведена схема аэродинамического стенда АС-5.

Для измерения расхода воздуха была установлена стандартная диафрагма 12.

Перепад давления на стандартной диафрагме 12 измеряется с помощью U-образного манометра 13.

Перепад давления на конфузоре 9 измеряется с помощью микроманометра 10 типа ММН-2400.

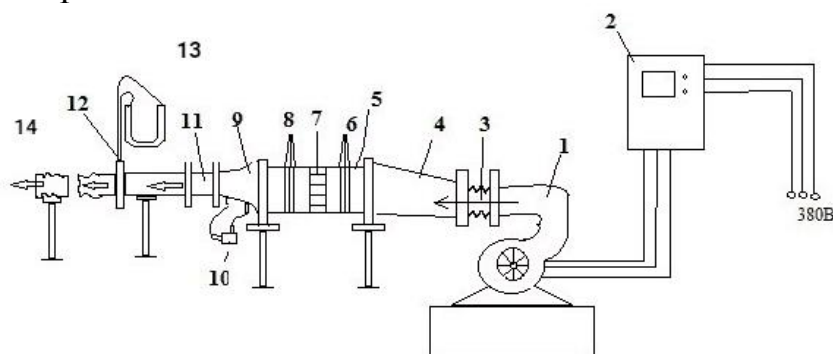


Рис. Схема аэродинамического стенда АС-5

1 – центробежный вентилятор высокого давления; 2 – частотный преобразователь; 3 – гофрированная переходная труба; 4 – диффузор; 5 – форкамера; 6 – решетки; 7 – хонейкомб; 8 – сетки; 9 – конфузор; 10 – жидкостный микроманометр ММН-2400; 11 – переходный участок прямой трубы; 12 – стандартная диафрагма; 13 – U-образный манометр; 14 – трубопровод с периодически изменяющимся сечением (ТПИПС)

Для расчета λ и Re необходимо знать расход воздуха Q в ТПИПС.

Расход воздуха Q в ТПИПС определяется с помощью стандартной диафрагмы, установленной на участке между прямой круглой трубой и ТПИПС и по перепаду давления на конфузоре.

Согласно рекомендациям ГОСТ 8.586.1-2005 (ИСО 5167-1: 2003), ГОСТ 8.586.2-2005 (ИСО 5167-2: 2003), ГОСТ 8.586.5-2005 (ИСО 5167-5: 2003) был составлен алгоритм расчета расхода воздуха, согласно которого достаточно измерить перепад давления ΔP на диафрагме и статическое давление перед диафрагмой $P_{ст.}$.

Согласно алгоритму расчета расхода воздуха с помощью стандартной диафрагмы на языке программирования Python была составлена программа расчета расхода воздуха и неопределенности результатов измерения расхода воздуха.

Для сравнения результатов измерения расхода воздуха двумя методами была составлена таблица для режимов течения при показаниях частотного преобразователя $f = 10; 20; 30; 40; 50$ Гц.

Таблица

$f, \text{Гц}$	$Q_{\kappa}, \text{м}^3/\text{с}$ (67×67)	$Q_{Ph}, \text{м}^3/\text{с}$ (диафр.)	$\Delta Q = Q_{\kappa} - Q_{Ph},$ $\text{м}^3/\text{с}$	$\delta\% = \frac{Q_{\kappa} - Q_{Ph}}{Q_{Ph}} \cdot 100\%$
10	0,0135703	0,014602	0,001032	7,6
20	0,02796	0,028946	0,000986	3,5
30	0,042324	0,043115	0,000791	1,9
40	0,05669	0,057077	0,000387	0,7
50	0,07050	0,07080	0,00030	0,4

Полученные результаты показывают, что значения $Q_{Ph} > Q_k$. Относительная погрешность меньших значений Q_k по отношению к Q_{Ph} составляет от 3,5 % до 0,4 % для расходов от $Q_k = 0,02796 \text{ м}^3/\text{с}$ до $Q_k = 0,07050 \text{ м}^3/\text{с}$ соответственно.

Из литературы известно, что основная допустимая погрешность δ для диафрагмы составляет от 3 до 5 %. Исходя из экспериментальных данных для измерения расхода в АС-5 с $\delta = \pm 3 \%$ можно использовать метод перепада давления на конфузоре.

Чтобы повысить точность измерения расхода с помощью стандартной диафрагмы необходимо использовать электронные датчики давления, к примеру, датчик давления Метран 100 модели 1420 с диапазоном измерения 10000 Па и приведенной погрешностью $\gamma = \pm 0,5\%$.

Список литературы

1. Горлин С. М., Слезингер Н. И. Аэромеханические измерения (методы и приборы). – М.: Наука, 1964. – 720с.
2. ГОСТ 8.586.2-2005. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 2. Диафрагмы. Технические требования. – Введ. 09.12.2005. – М.: Стандартиформ, 2005. – 43с.
3. Гост 8.586.1-2005. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1. Принцип метода измерений и общие требования. – Введ. 09.12.2005. – М.: Стандартиформ, 2005. – 49 с.
4. ГОСТ 8.586.5-2005. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 5. Методика выполнения измерений. – Введ. 09.12.2005. – М.: Стандартиформ, 2005. – 94 с.

УДК 621.926.9

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ГАЗОВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ЗАКРЫТЫХ ПОРАХ КАМЕННОГО УГЛЯ

*Юрченко В.М.¹, д-р физ.-мат. наук, проф.,
Соколов К.И.², Подрухин А.А.², Гангало А.Н.¹*

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

²ФГБНУ «Институт физики горных процессов», г. Донецк, РФ

ifgpdnr@mail.ru

Введение. Как известно, в структуре угольных пластов содержатся следующие газы: метан, углекислый газ, азот с редкими газами, иногда в небольших количествах водород, тяжелые углеводороды, сероводород,

сернистый газ и др. [1]. Природные угли обладают способностью сорбировать газы, т.е. образовывать на поверхности как бы «пленку» газа (адсорбция), растворять их в себе и вступать в обратную химическую связь. Количество сорбционного газа увеличивается до известного предела по мере возрастания давления газа и уменьшается с повышением температуры и влажности угля.

Поскольку газ метан содержится в свободном состоянии в порах угля, то объем «свободного» метана, содержащийся в единице массы угля может быть определен по формуле:

$$\chi_{св} = \frac{m\rho}{k}, \text{ м}^3/\text{т} \quad (1)$$

или

$$\chi_{св} = \frac{f\rho}{k\gamma \cdot 100\%}, \text{ м}^3/\text{т} \quad (2)$$

где k – коэффициент сжимаемости газа (метана); m – объем пор угля, $\text{м}^3/\text{т}$; f – пористость угля, %; γ – объемный вес угля, $\text{т}/\text{м}^3$.

Экспериментальные данные по сорбции метана и других газов, полученные в условиях максимально приближенных к реально существующим в угольных пластах (температура, давление, влажность), позволяют определить ряд важных параметров, в частности природную метаноносность угольного пласта и способность различных углей выделять газы (газоотдачу углей). Также, используя результаты исследования сорбционных свойств различных углей, можно получить сравнительную характеристику свойств углей разных пластов в зависимости от степени метаморфизма, температуры, давления, петрографического состава и химического состава газовой среды.

Основная часть. В настоящее время для определения сорбционной метаноемкости углей используют объемный метод с применением сжатого метана, разработанный в МакНИИ [1]. Данный метод включает в себя подготовку образцов угля путем их измельчения и последующей дегазации в течение 20-30 часов. Затем каждый образец загружают в сорбционную колбу и производят трехкратное насыщение угля метаном. При этом метан подается в колбу при давлении 5 атмосфер и через 20-30 минут выпускается. Данная операция повторяется дважды. Затем в сорбционную колбу подается метан при давлении 25 атм. и через 20 часов снова выпускается, после чего уголь насыщают метаном при давлении 50-60 атм. до рабочего состояния. После проделанных технологических операций сорбционные колбы с насыщенными метаном образцами угля передаются в лабораторию для построения экспериментальных изотерм количества метана, десорбированного углем.

Второй способ определения сорбционной метаноемкости углей объемным методом с применением промежуточных емкостей для сжатого газа был разработан в ИГД им. А.А. Скочинского [1]. Сорбционная установка состоит из двух частей – металлической, рассчитанной на

давление 150 атм. и стеклянной, служащей для измерения объема газа при давлении не более 1 атм. При дегазации угольных проб применяется водяная баня. Далее производится опрессовка установки, калибровка, определение свободного пространства сорбционной капсулы и загрузка в нее угля и насыщение его метаном.

По экспериментальной изотерме избыточной сорбции метана, полученной одним из вышеописанных методов, можно определить сорбционный объем (объем микропор) – основную характеристику ископаемых углей как природных сорбентов, рассчитать распределение метана, содержащегося в углях между сорбированной и свободной фазами, а также потенциальную метаноносность угольных пластов на больших глубинах и ряд других параметров на основании теории объемного заполнения пор. Однако данные методы не позволяют определить реальное количество метана в закрытых порах угля, поскольку погрешность измерений составляет от 10 до 30 %, а также из-за длительности процесса измерений во времени и ряда других негативных факторов.

Для решения задачи по определению количества метана, содержащегося в закрытых порах ископаемых углей, предлагается метод циклического нагружения гидростатическим давлением образцов угля в закрытом объеме. Данный метод позволяет с высокой степенью достоверности получить значение объема метана в закрытых порах угольного вещества. Реализация данного метода выполняется с помощью устройства, разработанного и изготовленного в ФГБНУ «ИФГП» [2].

Целью предлагаемого метода является устранение трудоемкости известных методов (МакНИИ и ИГД им. А.А. Скочинского) и расширить возможности регистрации реального содержания метана и других газовых включений в угле. Схема устройства для определения содержания метана и других газов в закрытых порах угольных пластов приведено на рисунке 1.

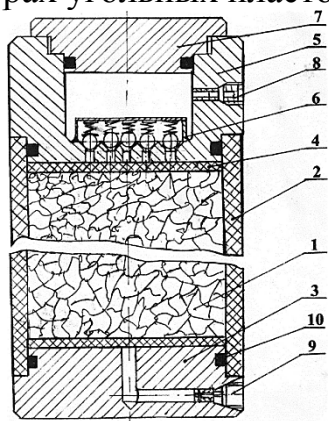


Рис. 1. Устройство для определения содержания газа в закрытых порах угля

Устройство представляет собой эластичную ампулу герметичного типа. Образец угля 1 загружают в эластичную камеру 2 где он удерживается нижним затвором 3 и фильтрационной прокладкой 4. Затем устанавливают собранный верхний блок 5, состоящий из обратных

клапанов 6, запорной крышки 7 и выпускного клапана 8. Собранный прибор через клапаны 8 и 9 подключают к вакуумному насосу и производят вакуумирование эластичной камеры 2 до разрежения 10^{-3} мм рт. ст. [3, 4]. После этого подготовленный прибор загружают в контейнер гидростата (рис. 2) и подвергают гидростатическому обжатию с трехкратным нагружением.

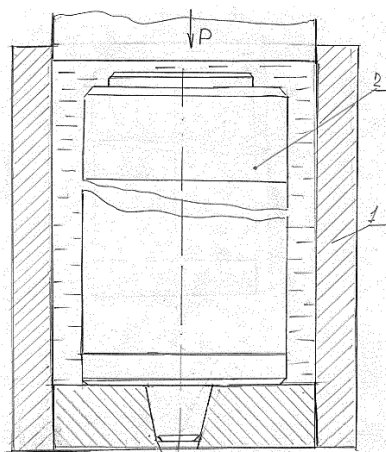


Рис. 2. Устройство для гидростатического обжатия

1 – контейнер гидростата; 2 – подготовленное устройство для определения содержания газа в закрытых порах угля

Под воздействием гидростатического давления уголь разрушается и превращается в мелкодисперсную фракцию, а имеющийся в закрытых порах газ собирается в камере верхнего блока. После гидростатической обработки прибор для определения содержания газа в закрытых порах угля извлекают из гидростата, затем из камеры верхнего блока через клапан 8 в измерительную колбу сбрасывают газовую смесь, которую с помощью газоанализаторов разделяют на составляющие газы.

Заключение. Основные преимущества метода гидростатического разрушения для определения объема содержащихся в закрытых порах угля газов: снижение длительности сорбционного процесса (часы вместо суток); образцы угля не требуют дополнительной очистки; отсутствуют воздействия на фазовый состав угля.

Список литературы

1. Методические указания по определению содержания сорбированного и свободного метана в ископаемых углях / АН СССР. М-во угольной пром-сти СССР. – Москва: 1977. – С. 7-20.
2. Соколов В.К. Установка для ампульного гидростатического измельчения / В.К. Соколов // Материалы конференции Луганского государственного института им. В.И. Даля – Луганск: 2017 – С. 46-52.
3. Васильковский В.А. Фазовые состояния и механизмы десорбции метана из угля / В.А. Васильковский, А.Н. Молчанов, Н.А. Калугина // Физ.-техн. проблемы горного производства – Донецк: 2006. – Вып. 9. – С. 62-70.
4. Лейбензон Л.С. Движение природных жидкостей и газов в пористой среде / Л.С. Лейбензон. – Москва: ОГИЗ, 1947. – 244 с.

Стандартизация и метрология

УДК 65:69.055.7:696.2

НЕОБХОДИМОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ.

Иванова С.С.

Бендерский политехнический филиал ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, г. Бендеры, ПМР
ivanova-1976@mail.ru

Газовая промышленность и ее составная часть – система газораспределения и газопотребления (СГРГП) Приднестровской молдавской республики, включая все филиала, находятся в постоянном развитии с учетом требований времени. [1] Проблемой эффективного ее развития является система управления качеством в соответствии ГОСТ Р ИСО 9001-2008 (Руководство). [4] Вопрос практического внедрения этой системы, особенно практическое приложение, в научно- педагогической литературе не рассмотрен, но имеется ряд методического руководства по внедрению системы менеджмента качества в газораспределительной организации, регламентирующей работу системы менеджмента качества в данной отрасли в соответствии с требованиями п.4.2.2 ГОСТ Р ИСО 9001-2008 «Системы менеджмента качества. Требования». [3]

Основной целью деятельности Газораспределительной организации ПМР является надежное и безаварийное газоснабжение потребителей, получение прибыли, обеспечивающей устойчивое и эффективное экономическое благосостояние общества, состояние здоровых и безопасных условий труда и социальную защиту работников организации. [1]

Основными видами деятельности организации являются:

1. координация производственной деятельности;
2. разработка и реализация комплекса мер по безопасной эксплуатации объекта;
3. транспортировка газа непосредственно его потребителям и разработка прогнозов его потребления.

Осознавая ответственность перед потребителями, персоналом и обществом в целом генеральный директор (руководитель) должен ставить перед собой основную стратегическую цель завоевания лидирующего положения в газораспределительной отрасли путем постоянного повышения качества оказываемых услуг.

Требуемый уровень качества достигается не устранением несоответствий, а именно предупреждением их путем управления процессами и повышением результативности системы менеджмента качества.

Руководство организации должно неуклонно следовать установленной Политике в области качества, постоянно анализировать пригодность и актуальность принятых решений. [2]

Газораспределительная организация сама определяет процессы, необходимые для системы менеджмента качества, включающий 9 процессов и следующие виды работ:

Процесс 1. Управление качеством предприятия.

Процесс 2. Работа с потребителями.

Процесс 3 включает оказание услуг по обслуживанию оборудования.

За контроль безопасности газопроводов отвечает **Процесс 4.**

В рамках **Процесса 5** осуществляется управление и планирование работ по поддержанию газовых сетей в безопасном состоянии.

Остальные процессы контролируют вопросы, связанные с управлением информационными ресурсами, инфраструктуры и производственной среды, персоналом и немаловажную роль относят материально-техническому обеспечению. [4]

Статистика по определённым критериям отводят подразделениям, где осуществляются вышеперечисленные процессы.

Внедренная система менеджмента качества в организацию должна быть в обязательном порядке ориентирована на потребителей и на качество оказываемых услуг, в связи с этим руководство организации на постоянной основе проводит ряд мероприятий, таких как системный анализ качества с целью обеспечения постоянной пригодности, адекватности и результативности.

В газораспределительной организации должна быть разработана система оценки результативности процессов СМК на основе утвержденных показателей качества оказываемых услуг и процессов. Все показатели качества оказываемых услуг и процессов систематически регистрируются и обрабатываются.

Результаты анализа используются для проведения корректирующих и предупреждающих действий СМК.

Одним из важных показателей деятельности СМК предприятия является менеджмент ресурсов, включающий основные положения по обеспечению ресурсами, в том числе и человеческие ресурсы. Персонал, задействованный в работе, должен обладать необходимыми компетенциями, навыками и опытом в работе, что подтверждается документами об образовании, а также при наличии удостоверениями о повышении соответствующей квалификации в учебных центрах.

Высшее руководство газораспределительной организации определяют самостоятельно инфраструктуру, необходимую для процессов жизненного цикла продукции, учитывая в то же время потребности и ожидания заказчиков и внешних заинтересованных сторон.

Отдельно должна учитываться производственная среда, необходимая для осуществления технологических процессов получения продукции,

учитывая требования существующей нормативной документации и в области производственного контроля и охраны труда, а также потребности и ожидания заказчиков и внешних заинтересованных сторон.

Ведущим подразделением, занимающимся реализацией данного пункта стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2008 являются службы Главного инженера газораспределительной организации- производственно-технический отдел, служба подземметаллзащиты, лаборатория. Ответственным за данный цикл назначается Главный инженер. [3]

Данный цикл, кроме планирования контролирует все процессы, связанные с потребителями, занимается закупками, производство и обслуживание, которые непосредственно влияют на качество оказываемых услуг. Реализация политики и целей в области качества базируется на измерении, анализе и улучшении качества оказываемых услуг и процессов производства и обслуживания.

Процесс улучшения включает в обязательном порядке корректирующие воздействия, определяющие проблему качества, выявление причин возникновения и путей устранения.

В заключении хочется отметить, что указанные в статье аспекты – это только лишь описанная технология практического внедрения системы менеджмента качества в газораспределительной организации. Все их указанных процессов включают обязательно внутреннюю и внешнюю документацию, вопросы управления документацией и записям, структурно- логические схемы процессов, матрицу распределения ответственности.

Список литературы

1. Закон ПМР от 3 декабря 2019 года №222-ЗИД-VI «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
2. ГОСТ Р ИСО 9001-2008 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь».
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2008 «Системы менеджмента качества. Требования».
4. ГОСТ Р ИСО 19011-2003 «Руководящие указания по аудиту систем менеджмента качества и/ли систем экологического менеджмента».

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ

Лачкова И.С., Анисимов Э.А., канд. техн. наук, доц.
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола, РФ
Lachkova2015@yandex.ru

Введение. Данная статья затрагивает проблему обеспечения безопасности производства кваса на одном из предприятий Республики Марий Эл. Для исследования качества кваса проводится оценка полноты маркировки и анализ органолептических и микробиологических показателей.

Цель – провести исследования и оценить качество производимой продукции с помощью качественных показателей.

Основная часть. Квас относится к безалкогольному напитку, содержание объемной части этилового спирта которого составляет не более 1,2 %, полученного в процессе брожения суслу.

Производство кваса организовано в соответствии ТР ТС 021/2011 [2]. При применении ТР ТС 021/2011 должны учитываться требования к пищевой продукции в части её маркировки, материалам упаковки и оборудования, используемых при производстве.

Квас производится на основании ГОСТ 31494-2012 [3] и должен соответствовать требованиям, представленный на рисунке 1.

Наименование показателя	Характеристика квасов		
	нефильтрованных		фильтрованных
	неосветленных	осветленных	
Внешний вид	Непрозрачная пенящаяся жидкость. Допускается осадок, обусловленный особенностями используемого сырья, без посторонних включений, не свойственных продукту	Прозрачная пенящаяся жидкость с опалесценцией, обусловленной особенностями используемого сырья, без посторонних включений, не свойственных продукту	Прозрачная пенящаяся жидкость без осадка и посторонних включений, не свойственных продукту. Допускается опалесценция, обусловленная особенностями используемого сырья
Цвет	Обусловленный цветом используемого сырья		

Рис. 1. Органолептические показатели

По физико-химическим показателям квасы должны соответствовать требованиям, указанным в таблице.

В качестве объектов исследования выбрана продукция – квас в количестве двух образцов:

1. Квас классический
2. Квас хлебный

Физико-химические показатели

Наименование показателя	Значение показателя
Массовая доля сухих веществ, %, не менее	3,5
Кислотность, к. ед.	От 1,5 до 7,0
Объемная доля спирта, %, не более	1,2
Массовая доля двуокиси углерода, %, не менее	0,30

Характеристика объектов исследования представлена на рисунке 2.

№ п/п	Наименование образца	Состав продукта	Упаковка, объем	НД
1	Квас классический	Вода питьевая, сахар, концентрат квасного сусла (мука ржаная, солод ржаной ферментированный, солод ржаной неферментированный), регулятор кислотности, пищевая добавка, кислота молочная, дрожжи.	ПЭТ-бутылка объемом 1,4 л	ГОСТ 31492-2012
2	Квас хлебный (фильтрованный, непастеризованный)	Вода питьевая, сахар, концентрат квасного сусла, регулятор кислотности, пищевая добавка, кислота молочная, мука ржаная хлебопекарная, дрожжи.		ГОСТ 31492-2012

Рис. 2. Характеристика объектов исследования

Проведем анализ маркировки этикеток и потребительской тары для кваса требованиям ТР ТС 005/2011 [1] и ГОСТ 31492-2012.

Данные о результатах экспертизы указаны на рисунке 3.

Наименование продукта	Нормативные требования	Образец № 1	Образец № 2
Наименование и местонахождение изготовителя (юридический адрес)		Имеется	
Товарный знак изготовителя	Необходимо указывать товарный знак изготовителя	имеется	имеется
Содержание спирта	не более 1,2%	не более 1,2%	не более 1,2%
Объем	Объем должен составлять 1,4 л	1,4 л	1,4 л
Состав основного сырья, указанного на этикетке		Вода питьевая, сахар, концентрат квасного сусла, регулятор кислотности, пищевая добавка, кислота молочная, мука ржаная хлебопекарная, дрожжи.	Вода питьевая, сахар, концентрат квасного сусла, регулятор кислотности, пищевая добавка, кислота молочная, мука ржаная хлебопекарная, дрожжи.
Пищевая ценность	150 кДж/35 ккал	150 кДж/35 ккал	150 кДж/35 ккал
Дата розлива	-	05.09.2023	06.09.2023
Условия хранения	Указываются условия хранения в соответствии с требованиями нормативно-технической документации	Хранить при температуре от +5 °С до +20 °С включительно. Избегать воздействия прямых солнечных лучей. После вскрытия хранить в холодильнике.	
Срок годности	15 суток	15 суток	15 суток
Обозначение документа, в соответствии с которым изготовлен и может быть идентифицирован продукт	Необходимо указать документ, в соответствии с которым изготовлен и может быть идентифицирован продукт	ГОСТ 31492-2012	ГОСТ 31492-2012
Информация о подтверждении розлива	Указать, имеется ли сертификат либо декларация подтверждение соответствия продукции	Имеется	Имеется

Рис. 3. Результаты исследования

В настоящее время производство напитков нацелено на предпочтения потребителя и конкуренцию, в связи с чем производителю необходимо регулярно повышать качество с помощью применения новых методов контроля, улучшения технологии производимой продукции [4,5].

По таблице можно сделать вывод, что маркировка всех исследуемых образцов кваса соответствует требованиям ГОСТ 31492-2012.

Список литературы

1. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» (утверждён решением комиссии Таможенного союза от 16 августа 2011 года № 769). Москва, – 2011.
2. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (утверждён решением комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года N 880). Москва, – 2011.
3. ГОСТ 31494 Квасы. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2013.
4. Салдаева, Е.Ю. Управление качеством: практикум / Е. Ю. Салдаева, Е. М. Цветкова; ПГТУ. – Йошкар-Ола: Издательство ПГТУ, 2014. – 79 с.
5. Федюков, В.И. Подтверждение соответствия и управление качеством продукции / В.И. Федюков, О. Г. Тарасова, Е. Ю. Салдаева, А. Н. Носова, Е. М. Цветкова, ПГТУ. – Йошкар-Ола: Издательство ПГТУ, 2015. – 104 с.

УДК 62.408

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА УЧАСТКА ПОВЕРХНОСТИ НА ЗНАЧЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ

Меликова О.Н., канд. техн. наук, *Хайлова С.А.*

ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет
«СТАНКИН», г. Москва, РФ
olga.melikova.86@mail.ru

Введение. Наряду с классическим описанием шероховатости с помощью профильных параметров широкое распространение получили пространственные параметры, определяемые на основе участка поверхности заданного размера.

Цель исследования состоит в формировании рекомендаций по выбору размеров участка для оценки пространственных параметров шероховатости, которые не только обеспечили бы достоверные значения параметров, но и позволили сократить время проведения измерений.

Основная часть. Микронеровности, образующие шероховатость, появляются на поверхностях деталей при их обработке, а также в ходе последующей эксплуатации. Характер неровностей зависит от способа обработки, параметров технологического процесса, свойств режущего

инструмента, особенностей материала заготовки. При обработке точением, строганием, фрезерованием на поверхности детали остаются следы режущего инструмента, которые складываются в анизотропный рельеф с чётко прослеживаемыми периодическими бороздами. После других способов обработки, таких как пескоструйная и электроэрозионная обработка, не удаётся выделить единое направление неровностей, то есть поверхность можно считать изотропной.

Рассмотрим влияние размеров исследуемого участка на измеренные значения пространственных параметров шероховатости. Будем считать, что для определения параметров используется прямоугольный участок поверхности; это согласуется с перемещением щупа профилографа при проведении измерений.

Для выполнения исследований выбраны высотные параметры шероховатости: среднее арифметическое значение высоты S_a , среднее квадратическое значение высоты S_q , максимальная высота S_z , асимметрия S_{sk} и эксцесс S_{ku} . Также рассмотрена функция коэффициента смятия ареала $S_{mr}(c)$, представляющая собой пространственный аналог опорной кривой.

Оценку влияния размеров участка поверхности на значения параметров шероховатости удобно проводить с помощью математических моделей неровностей, заданных массивами точек в декартовой системе координат. Оси X и Y лежат в плоскости детали и ориентированы по сторонам исследуемого участка, ось Z направлена из материала детали.

Введём периодическую модель рельефа поверхности с синусоидальным профилем по оси X и неровностями, расположенными вдоль оси Y .

Исследования показали, что размеры вдоль оси X участка, содержащего менее одного периода неровностей, не позволяют получить корректные значения параметров шероховатости и кривую коэффициента смятия модели. Это происходит из-за перекоса средней плоскости поверхности, искажающего восприятие реальных высот точек. С увеличением размеров участка положение средней плоскости выравнивается, при этом наблюдаются постепенно затухающие колебания значений параметров шероховатости. Достоверными значения параметров и кривую коэффициента смятия можно считать, когда протяженность участка вдоль оси X превышает 2-3 периода неровностей.

Изменение размеров участка вдоль оси Y не оказывает влияния на параметры шероховатости и функцию коэффициента смятия, поскольку все профили модели, соответствующие различным абсциссам x , не отличаются друг от друга.

Одновременное изменение размеров участка вдоль обеих осей X и Y равнозначно изменению его размера вдоль оси X .

Для проверки теоретических результатов, полученных с помощью моделирования, проведены измерения реальных поверхностей на профилографе Hommel Tester T8000. Профилограф представляет собой

станцию для контроля шероховатости и контура поверхности и позволяет не только исследовать микро- и макропрофили деталей, но и определять топографию их поверхностей.

Для выполнения исследований выбраны образцы шероховатости, относящиеся к разным методам обработки: строганию, точению, цилиндрическому и торцевому фрезерованию.

В качестве примера на рисунке представлена зависимость параметра Sq от размера участка оценки для образца шероховатости, соответствующего обработке цилиндрическим фрезерованием с номинальным значением Ra 0,8 мм. Размер участка изменяется вдоль оси X , то есть поперек направлению неровностей образца на интервале от нуля до 2,5 мм. Для удобства восприятия на рисунке приведен один из профилей, образующих исследуемую поверхность.

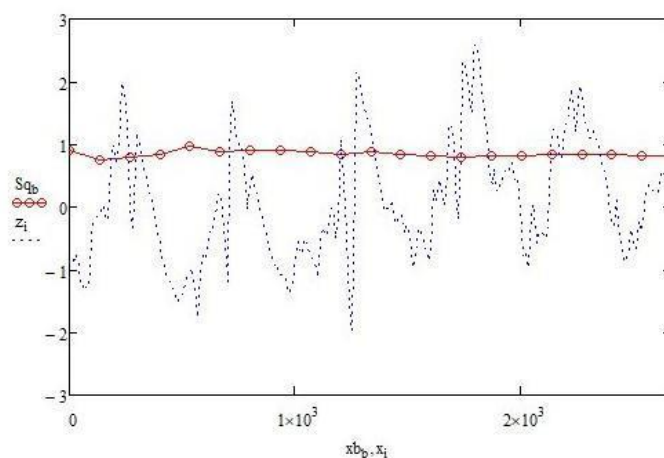


Рис. Зависимость параметра Sq от размера участка поверхности

Экспериментальные исследования подтвердили теоретические выводы о стабилизации значений параметров шероховатости Sa , Sq , Sz , Ssk , Sku , а также вида функции коэффициента смятия ареала $Smr(c)$ на участках, размеры которых превышают 3-4 периода поверхностных неровностей.

Заключение. Проведенные исследования показали, что для расчета пространственных параметров поверхностных неровностей, имеющих периодический характер, достаточно размеров участка, соответствующего 3-4 периодам.

Список литературы

1. Порошин, В.В. Основы комплексного контроля топографии поверхности деталей: Монография. – М.: Машиностроение-1, 2007. – 196 с. – ISBN 975-5-94275-356-6/
2. Уайтхауз, Д. Метрология поверхностей. Принципы, промышленные методы и приборы: Научное издание / Д. Уайтхауз – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2009. – 472 с. – ISBN 278-5-91559-023-5.
3. Марков, Б.Н. Зарубежная практика нормирования параметров 3D-рельефа шероховатости поверхностей / Б.Н. Марков, П.Н. Емельянов // Вестник МГТУ «Станкин». 2015. №4. – С. 95-100.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ В СФЕРЕ ТУРИЗМА РФ

Полякова А.В., канд. техн. наук, доц.

ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского» г. Донецк, ДНР
all-polyakova@yandex.ru

Введение. Ни одно общество не может существовать без технического законодательства и нормативных документов, регламентирующих правила, процессы, методы изготовления и контроля продукции, а также гарантировавших безопасность жизни, здоровья людей и окружающей среды. Именно для этого предназначена стандартизация. Правовые основы стандартизации в Российской Федерации устанавливаются Федеральным Законом РФ "О стандартизации в Российской Федерации", утвержденным в 29 июня 2015г. № 162 – ФЗ (ред. 30.12.2020г.). Положения данного Закона обязательны к выполнению всеми государственными органами управления, субъектами хозяйственной деятельности независимо от формы собственности, а также общественными объединениями. Закон определяет меры государственной защиты интересов потребителей и государства через требования, правила, нормы, вносимые в государственные стандарты при их разработке, и государственный контроль выполнения обязательных требований стандартов при их применении. Положения закона распространяются на все отрасли экономики, сельского хозяйства и сферы услуг. Обновление норм и правил посредством создания новых стандартов в туристической сфере и расширения перечня систем добровольной сертификации является важным условием обеспечения качества услуг и продукции туризма [1].

Целью данной статьи является изучение обновленной нормативной базы в туристической сфере и определение ее актуальности для решения насущных задач индустрии туризма.

Основная часть. Стандартизация – достаточно динамичный вид деятельности, предполагающий быстрое реагирование на меняющиеся условия производства, стремительное развитие научной сферы и общества в целом. Поэтому для достижения поставленных целей в государстве с помощью стандартизации реализуются следующие задачи:

– повышение уровня безопасности жизни или здоровья граждан, экологической безопасности, содействие соблюдению требований технических регламентов;

– повышение уровня безопасности хозяйствующих объектов с учётом риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и технического характера.

- обеспечение научно-технического прогресса, повышение конкурентоспособности продукции, работ и услуг, рациональное использование и экономия всех видов ресурсов;

- техническая и информационная совместимость, взаимозаменяемость продукции, сопоставимость результатов исследований и измерений.

Посредством сформулированных норм и требований к объектам стандартизации обеспечивается взаимопонимание между разработчиками, изготовителями, продавцами и потребителями. Выполнение установленных стандартом требований позволяет достичь определенный уровень качества объектов стандартизации, который соответствует современному развитию науки и техники и обеспечивает безопасность и конкурентоспособность на определенном сегменте рынка.

Актуальность разработки и внедрения новых стандартов, не только организаций, но и региональных стандартов в туристической индустрии обусловлена всевозрастающими из года в год туристическими потоками в Российской Федерации, а также развитием ранее «не туристских» территорий, интеграции в сферу туризма новых организаций, которые определяют высокое качество туристического продукта и устанавливают тем самым высокий уровень конкуренции.

На сегодняшний день в сфере туризма ряд нормативных документов имеют статус гармонизированных стандартов, созданных на основе международных ISO стандартов, и применяются в отечественной практике. ГОСТ Р 56197:2014 «Туристский информационный центр. Туристская информация и услуги приема. Требования» устанавливает минимальные требования к качеству услуг приема, и полностью соответствует стандарту ISO 14785:2014. Стандарт ГОСТ Р 57287:2016 «Туристские услуги предоставляемые на особо охраняемых территориях» разработан с учетом положений международного стандарта ISO 18065:2015. В последние пару лет на международном уровне утверждены еще 10 стандартов для туристической сферы, среди которых: ISO 21620:2021 «Туризм и связанные с ним услуги. Гостиницы – в зданиях памятниках культурного наследия. Требования к оборудованию и услугам», ISO 18513:2021 «Туризм и связанные с ним услуги. Гостиницы и другие средства размещения. Терминология (словарь), ISO 23405:2022 «Туризм и связанные с ним услуги. Принципы и терминология (словарь) и модель», ISO 21902:2021 «Туризм и связанные с ним услуги. Доступный туризм для всех. Требования и рекомендации. Первый международный словарь в ресторанной сфере» был утвержден в 2021 году ISO 21621:2021 «Традиционные рестораны – внешний вид, оформление и обслуживание».

На начало 2023 года в Российской Федерации в сфере туризма в статусе действующих стандартов, а также находящихся в стадии пересмотра, насчитывалось 49 национальных и межгосударственных стандартов, которые позволяют регламентировать деятельность субъектов Российской Федерации, а также присоединившихся стран СНГ в

туристической сфере. Среди них ряд национальных стандартов РФ для организации арктического туризма (ГОСТ Р 59850.1ГОСТ Р 59850.6), а также ГОСТ Р 56642:2021 «Туристические услуги. Экологический туризм. Общие требования», ГОСТ Р 70582:2022 «Туристические и сопутствующие услуги. Экологический туризм. Требования к туристской инфраструктуре», ГОСТ Р 70361:2022 «Туризм и сопутствующие услуги. Студенческий туризм», ГОСТ Р «Туризм и сопутствующие услуги. Услуги средств размещения «Все включено» и «Ультра все включено». Общие требования», ГОСТ Р 56643:2022 «Туризм и сопутствующие услуги. Личная безопасность туриста. Общие требования». Ряд стандартов представлены в виде проектов. Они освещают круг вопросов относительно туристических объектов, которые в концепции развития туристической сферы на сегодняшний день заслуживают особого внимания. К таким объектам инфраструктуры туристической отрасли относят глэмпинги. Проекты новых стандартов по этим объектам: ГОСТ Р «Туристические услуги. Средства размещения в некапитальных сооружениях (глэмпинги) Термины и определения», ГОСТ Р «Туристические услуги. Объекты некапитального строительства (глэмпинги). Общие требования». ГОСТ Р «Туристские услуги. Деятельность по предоставлению жилых помещений для временного проживания (туристское жилье). Общие требования».

Наиболее полную информацию по состоянию стандартизации той или иной отрасли, в том числе и туристической сферы в Российской Федерации можно получить с помощью официального сайта Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Росстандарта [2].

Заключение. Таким образом, стандартизация туристической отрасли в последние годы претерпевает некоторые позитивные изменения, что выражается в проектировании и утверждении новых стандартов с учетом возвышающихся требований к объектам стандартизации. Дальнейшая работа в этом направлении позволит установить единые характеристики, правила, общие принципы и нормы и достичь упорядоченности в отношении объектов туристической сферы.

Список литературы

1. Федеральный Закон РФ "О стандартизации в Российской Федерации", утвержденным в 29 июня 2015г. № 162 – ФЗ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_181810/> (дата обращения 17.09.2023).
2. Росстандарт. Федеральное агенство по техническому регулированию и метрологии. Каталог национальных стандартов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <www.rst.gov.ru/portal/gost/home/standarts/catalognational> (дата обращения 13.09.2023).

МЕТОД ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ТЕРМОМЕТРА

Пометун Е.Д., канд. техн. наук, *Квасов М.В.*, *Часник А.С.*
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, ДНР
e.pometun@donnu.ru

Введение. Определение динамических характеристик первичного преобразователя в динамических условиях является актуальной задачей, позволяющей оптимизировать технологические процессы и алгоритмы управления сложными объектами [1].

Методы и средства измерения мгновенных значений тепловых параметров газовых потоков имеют большое значение в управлении различными технологическими процессами, а так же в научных исследованиях и в промышленности. Одними из широко распространённых измерительных преобразователей температуры являются термисторы.

Основная часть. В научных исследованиях и промышленности чувствительный элемент термометра зачастую находится в загрязнённом потоке, в котором присутствует пыль и другие вещества, оседающие на теплоотдающую поверхность (оболочку). В данной работе описано влияние искусственной загрязнённости термистора, используемого в качестве чувствительного элемента датчика термометра, на его динамические параметры. Приведены динамические характеристики термистора в режиме работы термометра при различной толщине слоя загрязнения оболочки и скоростях обтекания датчика [2].

Загрязнение чувствительного элемента приводит к возникновению погрешности измерений и изменению частотной характеристики термометра, вследствие увеличения объема чувствительного элемента [1].

В данной работе, датчик термометра представляет собой стеклянный цилиндр со сферическим торцом, внутри которого расположен чувствительный элемент (ЧЭ). В качестве датчика использовался термистор типа Epcos G550.

Физическое моделирование загрязнения чувствительного элемента датчика термометра выполнялось путем нанесения на стеклянную оболочку лакового покрытия (основа состава лака: тосиламид-формальдегидная смола и ацетобутират целлюлозы).

Было выполнено три серии измерений постоянной времени датчика. В первой серии были получены частотные характеристики чистого чувствительного элемента, во второй – нанесен один слой лакового покрытия, в третьей – два слоя покрытия.

Для выполнения измерений использовалось программное обеспечение (ПО) LabVIEW Signal Express, с помощью которого была создана, адаптированная под конкретную задачу, виртуальная лаборатория [3, 4].

Результаты измерений показали, что при отсутствии скорости обтекания датчика, величина постоянной времени термистора максимальна и составляет $6,5 \text{ с} \div 11,2 \text{ с}$ в зависимости от толщины загрязненности оболочки. С увеличением скорости газового потока постоянная времени уменьшается и в диапазоне $4 \text{ м/с} \div 7,5 \text{ м/с}$ практически не изменяется как чистого, так загрязненного термисторов. Однако загрязненность оболочки термистора сильно влияет на инерционность датчика термометра, что может привести к нарушению технологического процесса или вовсе к критическому режиму работы АСУ.

Заключение. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что загрязненность оболочки термистора сильно влияет на динамические параметры датчика термометра. Для контроля работоспособности АСУ, в состав которой входит термометр, необходимо перед его монтажом, выполнять динамическую градуировку датчика при известных параметрах внешних условий (скорости обтекания датчика).

Список литературы

1. Пометун, Е.Д. Исследование динамических характеристик термометра на основе NTC-термистора / Е.Д. Пометун, В.В. Белоусов, Н.И. Болонов В.Н. Лебедев // Вестник Донецкого национального университета, Серия Г: Технические науки, 2019. – №1. – С. 4–13.
2. Михеев, Н. И. Термоанемометрические измерения при загрязнении нити датчика / Н. И. Михеев, Д. В. Кратиров, А. В. Саховский, К. Р. Хайрнасов // Модели и методы аэродинамики : Материалы Восьмой Международной школы-семинара, Евпатория, 04–13 июня 2008 года. – Евпатория: МЦНМО, 2008. – С. 110-111.
3. Пометун, Е.Д. Экспериментальные стенды для исследования динамических характеристик измерительных преобразователей температуры / Е.Д. Пометун, Н.И. Болонов, В.Н. Лебедев // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. – 2018. – № 1. – С. 4-12.
4. Кузнецов, Д.Н. Электронная система малого аэродинамического стенда градуировки и исследований импульсных термоанемометров / Д.Н. Кузнецов, В.Н. Лебедев, А.Н. Левченко // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия: Вычислительная техника и автоматизация. – 2010. – № 19(171). – С. 111-117.

УДК 621.9.08

ОБЪЁМНАЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ТОЧНОСТЬ МНОГОКООРДИНАТНЫХ СИСТЕМ

Соколов В.А., канд. техн. наук, доц.,
ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет
«СТАНКИН», г. Москва, РФ
vasokolov-stankin@yandex.ru

Введение. В данном докладе рассматривается метод повышения точности программно-управляемых технологических и измерительных

многокоординатных систем на основе лазерных интерференционных измерений [1–2] Под многокоординатными системами понимаются многокоординатные измерительные системы (приборы, микроскопы, координатно-измерительные машины и другие средства измерений) и многокоординатные технологические системы (металлообрабатывающие станки, роботы, системы аддитивных технологий и другие системы цифрового производства). Управление происходит по определённой программе посредством систем числового программного управления (ЧПУ).

Важной характеристикой пространственных киберфизических систем служит объёмная точность – способность точно воспроизводить сложные геометрические поверхности в процессе измерения и/или обработки. Разработка методов и средств измерений объёмной погрешности и путей повышения объёмной точности – актуальная в сегодняшних условиях задача.

Цель исследования – повышение объёмной точности многокоординатных систем на основе лазерных интерференционных измерений геометрических составляющих объёмной погрешности.

Основная часть. Метод моделирования объёмной погрешности по результатам лазерных интерференционных измерений. В качестве метода моделирования объёмной погрешности в рабочем пространстве многокоординатной системы выбран метод кинематики твёрдого тела [3]. Как правило, число управляемых линейных и/или круговых осей в том или ином виде оборудования невелико, в то же время число составляющих погрешностей по осям значительно больше, и может достигать 21 для трёхкоординатной системы. Поэтому коррекция объёмных погрешностей посредством передачи информации управляемым осям приводит к случаю неполной коррекции во всём рабочем пространстве. В связи с этим необходимо измерить каждую пространственную составляющую погрешности по каждой из управляемых осей и вклады погрешностей позиционирования, отклонений от прямолинейности и взаимной неперпендикулярности осей, крена, тангажа и рыскания осей и других геометрических параметров в общее распределение объёмных погрешностей в рабочем пространстве.

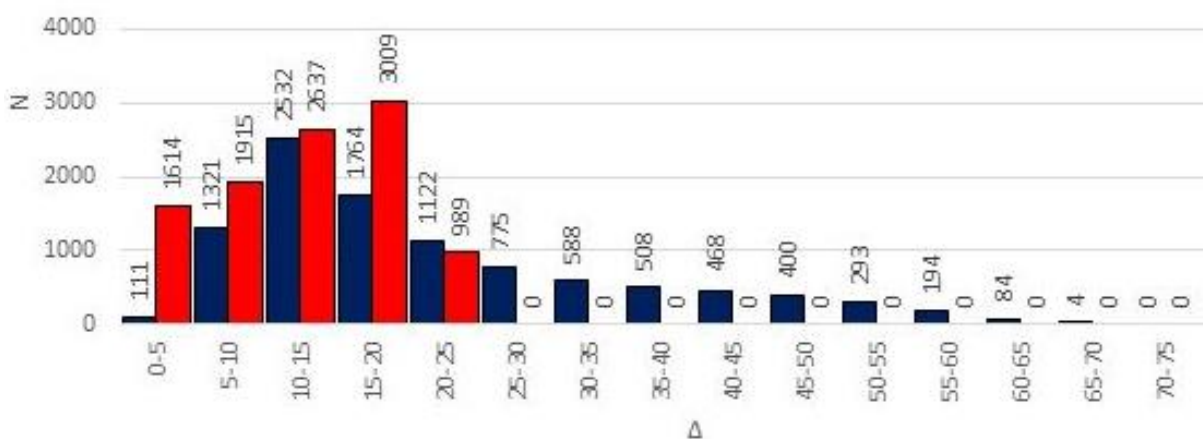
В качестве примера рассмотрим процедуру коррекции объёмной геометрической точности вертикально-фрезерного обрабатывающего центра с тремя управляемыми координатами – станка модели VF3 фирмы HAAS (США) [4]. компоновка станка соответствует распространённой как среди КИМ, так и среди станков компоновке с горизонтальным столом, реализующим перемещение по осям X, Y и вертикальной оси Z [5]. В такой киберфизической системе управление происходит по осям X, Y, Z.

В настоящем докладе предлагается оценивать эффективность коррекции посредством построения гистограмм. Весь диапазон значений погрешностей – от нуля до наибольшего – в точках рабочего пространства разбивается на равные по ширине интервалы, при этом количество

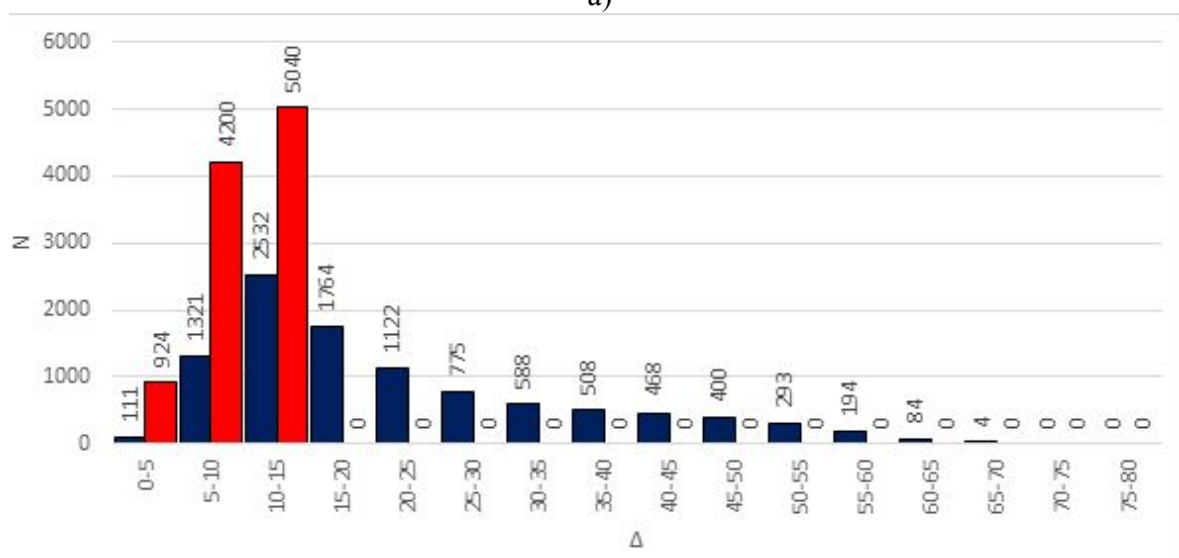
интервалов и их ширина выбирается в соответствии с целями исследования. Далее подсчитывается число попаданий значений погрешностей в каждый из интервалов, и строится гистограмма: на оси абсцисс отмечаются интервалы, а на оси ординат отмечается частота попаданий значений погрешностей в каждый интервал. Далее в разделе «Результаты» приведены гистограммы для отдельных составляющих объёмной погрешности при установленной ширине диапазонов.

Такой способ визуализации позволяет количественно оценить размер зоны рабочего пространства с минимальной погрешностью и его изменение после коррекции погрешности.

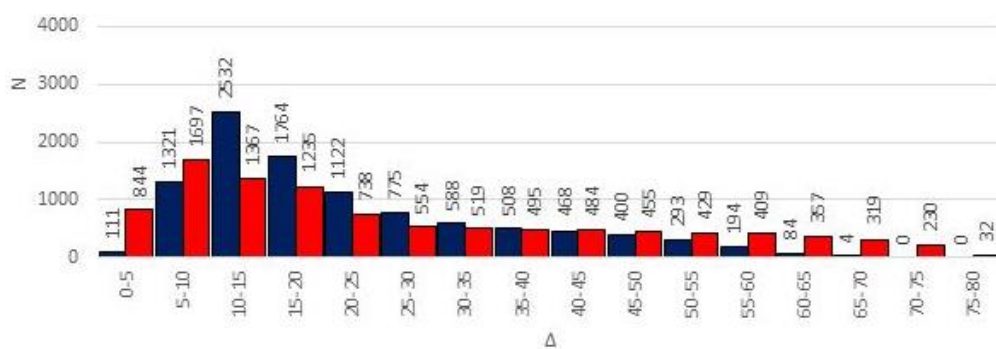
Результаты. На рис. 1, а–в (синие столбцы) представлена гистограмма, показывающая распределение объёмных погрешностей по интервалам и построенная в соответствии с описанием в разделе «Подходы к повышению точности многокоординатных систем». Данная диаграмма позволяет сделать вывод о том, что в большинстве точек рабочего пространства объёмная погрешность составляет 5–30 мкм. При этом существенное количество точек имеют погрешность более 30 мкм.



а)



б)



в)

Рис. 1. Распределение абсолютных значений объёмной погрешности по интервалам с учётом погрешностей позиционирования координатных осей (а), отклонений от прямолинейности координатных осей (б) и угловых отклонений координатных осей (в).

Красные столбцы – распределение с учётом соответствующих источников погрешности, синие столбцы – с учётом всех источников погрешности; N – количество точек в интервале, Δ – интервалы погрешностей

Также на рис. 1 построены гистограммы (красные столбцы), позволяющие сравнить распределение погрешностей по интервалам в случае учёта отдельных составляющих погрешностей.

Исходя из рис. 1 можно сделать вывод, что наибольшее влияние на объёмную погрешность исследуемого станка оказывают угловые отклонения. Этот вывод следует учитывать при разработке стратегии оптимальной коррекции погрешности.

В ходе исследований авторами проведён машинный эксперимент для демонстрации возможностей применяемого подхода к коррекции объёмной погрешности. Результаты такой коррекции представлены на рис. 2, согласно которому количество точек, имеющих малую объёмную погрешность, существенно увеличилось после коррекции, соответственно, зона с минимальной погрешностью существенно расширилась. При этом медианное значение погрешности до коррекции составляло 45 мкм, а после коррекции – 20 мкм.

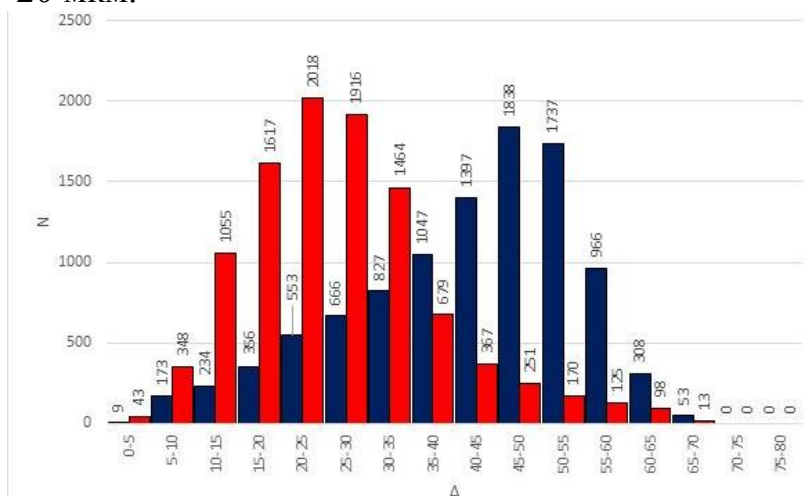


Рис. 2. Гистограмма распределения абсолютных значений объёмной погрешности до (синие столбцы) и после коррекции (красные столбцы)

Заключение. Гистограммы, предложенные авторами, позволяют оценить как качественно, так и количественно, состояние многокоординатной системы с точки зрения объёмной погрешности и дать рекомендации по повышению их точности, в том числе выработать оптимальную стратегию коррекции погрешности.

Предложенная авторами цифровая трансформация управляющих программ для систем ЧПУ посредством разработанного постпроцессора управляющих программ позволяет существенно повысить точность измерения и обработки на многокоординатных системах путём совмещения технологических и измерительных баз деталей.

Предложенные метод визуализации и подход к коррекции объёмной погрешности открывают возможность цифрового объединения информации о точностных характеристиках множества обрабатываемых и измерительных многокоординатных систем в единую сеть предприятия или комплекса предприятий.

Список литературы

1. Телешевский В. И. Анализ объёмных геометрических погрешностей в многокоординатных измерительных и технологических системах на основе лазерных измерений / В. И. Телешевский, В. А. Соколов // Измерительная техника. 2013. – № 12. – С. 19–23. <https://www.elibrary.ru/rshoud>
2. Телешевский В. И. Автоматическая коррекция объёмных геометрических погрешностей программно-управляемых измерительных и технологических систем / В. И. Телешевский, В. А. Соколов // Измерительная техника. 2015. – № 7. – С. 14–17. <https://www.elibrary.ru/udnvmz>
3. Budimir. A., Tabaković. S., Zeljković. M. Measurement Science Review, 2023, vol. 13. pp. 136–145. <http://dx.doi.org/10.2478/msr-2023-0018>
4. Телешевский В. И., Соколов В. А., Пимушкин Я. И. К проблеме лазерной коррекции объёмной погрешности многокоординатных систем. Материалы III Международной научно-технической конференции «Проблемы машиноведения». В 2-х ч. Ч. II. Омск, Россия, 23–24 апреля 2019. Омск: Омский государственный технический университет, С. 249–253. <https://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1260/3/032038>
5. Кузнецов, А. Тенденции в развитии и эффективном производстве станков. Часть 1. физические основы развития производственных систем // Станкоинструмент. 2021. № 2(23). С. 40–49. <http://dx.doi.org/10.22184/2499-9407.2021.23.2.40.48>

Прикладная экология

УДК 681.7

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРОЧНЫХ ЧАСТОТ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОЭА КА ДЗЗ В ЗАДАЧАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

Алаторцев К.В.

ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт», г. Москва, РФ
alatorsev.kv@mail.ru

Введение. Результаты дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса с использованием информации, получаемой оптико-электронной аппаратурой (ОЭА) космических аппаратов (КА), позволяют контролировать экологическую обстановку (рис.). Для получения детальной и качественной информации ДЗЗ требуются точные настройки всего спутникового оборудования, в частности: проведение сложных испытаний оптико-электронных аппаратуры (ОЭА) КА, калибровку, временную и радиометрическую коррекцию и т.п. Данные вопросы регулярно обсуждаются на семинарах и научных конференциях [1].

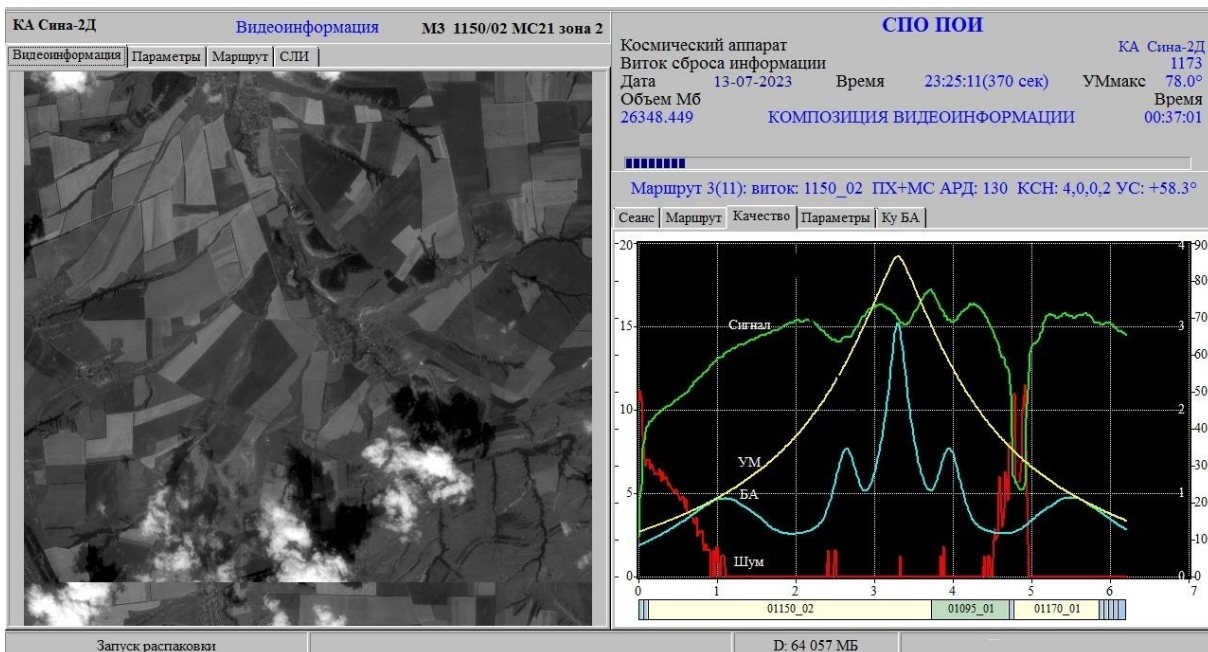


Рис. Композиция информации КА ДЗЗ контроля экологической обстановки

Цель настоящей работы состоит в разработке и отработке алгоритмов статистической оптимизации временных параметров космоснимков с целью получения строчных частот и других параметров, используемых для

формирования результатов экологического мониторинга на основе данных спутникового зондирования Земли из космоса.

Основная часть. Важным параметром информации экологического мониторинга является географическая привязка снимков к картам наблюдаемой местности, для чего необходимо знать время съемки каждой из строк принимаемого изображения. На практике используется начальное время (например, время съемки первой строки изображения) и строчная частота поступления новых строк изображений.

Вследствие изменения высоты подстилающей поверхности, в аппаратуре ДЗЗ предусматривается полетная коррекция строчной частоты съемки через каждые $t=1.25$ сек. За этот интервал времени аппаратура КА при скорости подспутниковой точки около $v=7.5$ км/с успевает снять около 6000 строчек изображения поверхности Земли при характерном разрешении снимка на местности около 1.5 м. Задача состоит в вычислении и повышении точности оценки строчной частоты следования строк.

У нас даны временные координаты (времена отсчета) четных строк изображения в количестве $n=3018$ за $t=1.25$ сек. Вследствие неточностей в формировании строчного времени из-за: задержек в приемнике сигнала секундных меток; неточности отработки временной шкалы бортовыми счетчиками времени; неопределенности привязки к шкале времени момента начала формирования импульсов начала строк; задержек в передаче сигналов времени и других факторов – протоколируемое строчное время подвержено случайным флуктуациям. Кроме того, возможны сбои в записи строчного времени в бортовую память, а также могут появляться, в том числе, и грубые ошибки вследствие шумов при передаче информации через радиолинию и при регистрации на наземной станции.

Для оценок тактовых частот следования строк в этом случае необходимо подвергнуть регистрируемый поток временной информации статистической обработке: отсеву грубых погрешностей, проверке на нормальность распределения, провести аппроксимацию времен (частот) следования строк изображения и оценить ряд традиционных статистических параметров строчных времен [2-4], приводимых ниже в таблице 1.

Расчеты таблицы 1 выполнены по следующим формулам статистики: статистические моменты: $m_0 = \bar{\Delta t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta t_i)$, $m_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta t_i - \bar{t})^k$,

несмещённая оценка для СКО: $\bar{S} = \sqrt{\bar{S}^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (\Delta t_i - \bar{t})^2}$,

нормированное абсолютное отклонение: $\tau = |\Delta t_i - \bar{t}| / (\sqrt{\frac{n-1}{n}} \cdot \bar{S})$,

квантили $\tau_{(p,n)} = T_{(p,n-2)} \cdot \sqrt{n-1} / \sqrt{n-2 + |T_{(p,n-2)}|^2}$, где

$T_{(p,n-2)}$ – критическое значение распределения Стьюдента. Остальные:

$$G_1 = (m_3 / m_2^{3/2}) \sqrt{n(n-1)} / (n-2),$$

$$G_2 = ((n+1)((-3 + m_4 / m_2^2) + 6)) (n-1) / [(n-2)(n-3)],$$

$$SG_1 = \sqrt{6n(n-1)} / \sqrt{(n-2)(n+1)(n+3)},$$

$$SG_2 = \sqrt{24n(n-1)^2} / \sqrt{(n-3)(n-2)(n+3)(n+5)}.$$

Гипотеза нормальности исследуемого распределения $\{\Delta t_i\}$, принимается, если: $|G_1| \leq 3 \cdot SG_1$ и $|G_2| \leq 5 \cdot SG_2$.

Таблица

Статистические оценки для строчных времен

№№ п/п	Статистические параметры строчных времен	Исходные дан-ные без брака	«Очищенные» данные
1	Число измерений + отбракованных = всего	2946+72=3018	1099+1919=3018
2	Средний шаг следования времен строк $\bar{\Delta t}$	$4.142249 \cdot 10^{-4}$	$4.138950 \cdot 10^{-4}$
3	СКО шагов следования времен строк \bar{S}	$4.109020 \cdot 10^{-7}$	$2.332096 \cdot 10^{-18}$
4	Квантиль $\tau_{(5\%, n)}$	1.599576	1.000000
5	Нормированное абсолютное отклонение τ	1.516535	0.9995449
6	Квантиль $\tau_{(0.1\%, n)}$	3.095478	3.235940
7	Несмещенная оценка асимметрии G_1	$2.348748 \cdot 10^{-3}$	4.913483
8	Несмещенная оценка эксцесса G_2	-1.615027	-2.003650
9	СКО для показателя асимметрии SG_1	$4.510641 \cdot 10^{-2}$	$7.378791 \cdot 10^{-2}$
10	СКО для показателя эксцесса SG_2	$9.018229 \cdot 10^{-2}$	$1.474426 \cdot 10^{-1}$
11	Гипотеза нормальности распределения	НЕ ПРИНЯТА	ПРИНЯТА
12	a_0 - МНК аппроксимации $\Delta t_i = a_0 + a_1 n_i$	$3.003966 \cdot 10^{-12}$	$3.927518 \cdot 10^{-21}$
13	a_1 - МНК аппроксимации $\Delta t_i = a_0 + a_1 n_i$	$4.142203 \cdot 10^{-4}$	$4.138950 \cdot 10^{-4}$
14	Строчная частота (МГц)	4828.348	4832.143

Заключение. В заключении отметим, что ошибки геопривязки без предварительной обработки исходной информации могут достигать до 50-ти пикселей и больше. Применение же дополнительных статистических методов обработки исходных временных данных позволяет повысить точность географической привязки изображений от 1 до 5 пикселей на секунду съемки, что зачастую оказывается уже достаточным для фиксации цели.

Список литературы

1. Системы наблюдения, мониторинга и дистанционного зондирования Земли. Материалы XVIII научно-технической конференции. Москва, Зеленоград, 2022 – 284 с. – ISBN 978-5-94627-081-6.
2. Кудрявцев Л.Д. Курс математического анализа (в двух томах): Учебник для студентов университетов и вузов. М.: «Высшая школа», 1981, т. II: – 584 с., ил. – ISBN 5-9221-0308-3.
3. Таблицы математической статистики. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 416 с.
4. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учебное пособие для вузов. – 2-е издание, переработанное и дополненное – М., «Высшая школа», 1988. – 239 с.: ил. – ISBN 5-06-001264-6.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАНДАРТА DVB-S2X
В РАДИОЛИНИИ КА ДЗЗ.**

Алаторцев К.В.

ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт», г. Москва, РФ
alatorsev.kv@mail.ru

Введение. Как правило, при передаче спутниковой информации дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) на наземные станции приема-обработки информации (НСПОИ) через радиолинию (ВРЛ) поддерживаются постоянными такие параметры как: несущая частота, модуляция, битовый поток, поляризация и другие [1,2,4]. Это приводит к передаче информационных потоков на всем участке сброса данных КА-НСПОИ с повышенным значением энергетика на бит передаваемого потока данных (табл.1), и делает передачу информации энергетически менее эффективной.

С появлением расширенных стандартов передачи информационных потоков (типа DVB-S2X [3]) появилась возможность переключать во время работы ВРЛ ее параметры для передачи увеличенного (уменьшенного) потока данных (например, переключение параметра созвездия модуляции, коэффициента помехозащищённого LDPC кодирования и др. и повышать общую скорость передачи ДЗЗ экологической и иной информации.

Цель настоящей работы состоит в получении оценок снижения энергетических затрат на передачу данных и выдачи рекомендаций по повышению общего информационного потока с КА ДЗЗ на НСПОИ.

Основная часть. При использовании различных параметров радиолинии суммарный выигрыш в передаче данных в ВРЛ КА – НСПОИ может достигать фактически порядок.

Повышение скорости передачи данных с КА на НСПОИ может быть достигнуто для наземных станций с различными энергетическими возможностями (радиус зеркала, наличие системы автосопровождения и других параметров).

Иллюстрация эффекта увеличения энергетической эффективности радиолинии при передаче информации с КА ДЗЗ на НСПОИ представлена на рисунке. Точка Z соответствует расположению наземной станции (НСПОИ), $R=ON=6371\text{ км}$ – радиус Земли, траектория движения КА – суть A-B-D-F-Z-..., В – точка входа в зону радиовидимости КА со стороны НСПОИ. Для простоты, в модельном представлении зоны движения КА до кульминации (Z) разбиты на $n=3=2+1$ равноугловые сектора: BOD, DOF, FOZ (O – центр Земли). Движение КА в каждом из секторов происходит с

неизменными параметрами радиолинии. В начале каждого из секторов (точки В, D, F,...) параметры ВРЛ настроены на достаточный в энергетическом плане режимы для передачи данных. Вследствие уменьшения на восходящей части траектории движения расстояния L: КА-НСПОИ, появляется возможность в конце сектора произвести переключение ВРЛ на более высокоскоростной режим передачи данных

пропорционально отношению: $\left(\frac{L_0}{L_1}\right)^2$, где L_0 – BN, L_1 –

соответствующее расстояние концов секторов DN, FN, ZN, Области BCD, DEF, FGZ – иллюстрируют избыток затрачиваемой энергии при передаче данных с КА на НСПОИ. В предельном случае можно представить непрерывное переключение скорости ВРЛ передачи данных и получить значительный количественный эффект в повышении эффективности работы ВРЛ. Оценки произведены для кульминационного витка по отношению к стартовой точке, совпадающей с появлением КА в зоне радиовидимости НСПОИ.

В качестве оценки энергетической эффективности ВРЛ выбран параметр $\kappa(n, H)$, характеризующий накапливаемую энергетическую избыточность при передаче информации на НСПОИ без переключения параметров радиолинии:

$$\kappa(n, H) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{L_0(H, \varphi)}{L_i(H, \varphi)}\right)^2 = \frac{2}{\arccos\left(\frac{R}{R+H}\right)} \cdot \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \mathfrak{F}(\varphi) d\varphi,$$

где $\mathfrak{F}(\varphi) = \left(\frac{L_0}{L(\varphi)}\right)^2$, а $[L(\varphi)]^2 = (R+H)^2 + R^2 - 2 \cdot R(R+H) \cdot \cos(\varphi)$, где секторальный угол φ равняется каждому из углов BOD, DOF, FOZ,

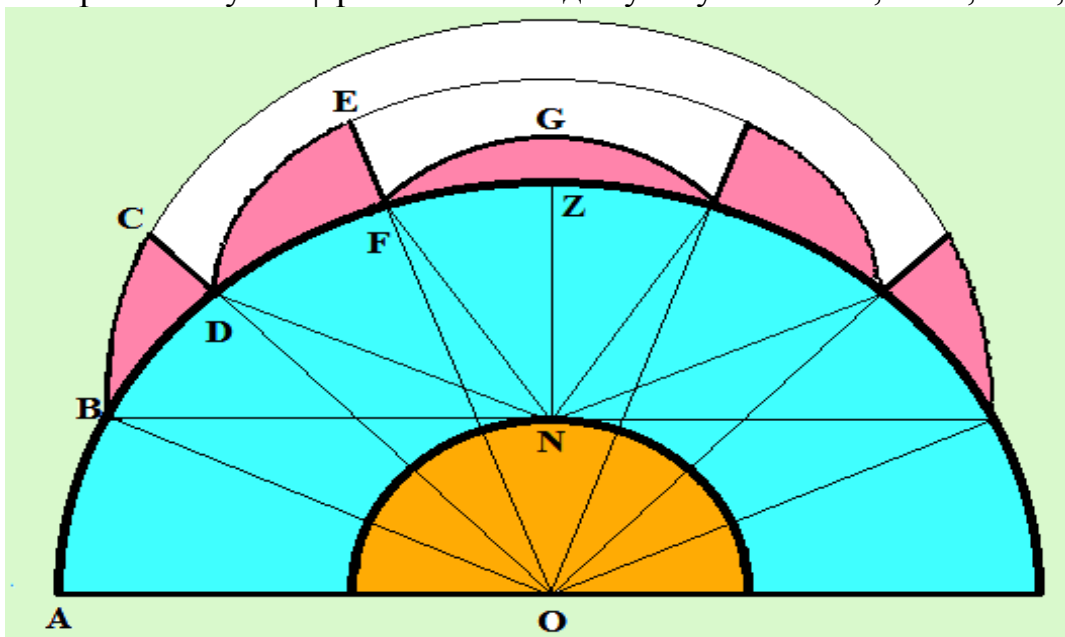


Рис. Движение КА ДЗЗ в зоне радиовидимости НСПОИ (N) с переключением параметров ВРЛ для повышения ее энергетической эффективности $\kappa(n, H)$.

В таблице представлены расчетные параметры секторов движения КА в зоне радиовидимости НСПОИ при двукратном ($n=3=2+1$) переключении параметров ВРЛ и смоделированные параметры эффективности радиолинии для характерных высот работы КА ДЗЗ и задач экомониторинга.

Таблица

Повышение энергетической эффективности ВРЛ: $\kappa(H,n)$.

N п/п	\ высота H (км): секторов переключений	500	700	1000
1	(n=1)	1.00	1.00	1.00
2	(n=2)	2.28	2.21	2.11
3	(n=3)	3.33	3.13	2.89
4	(n=5)	4.66	4.18	3.68
5	(n=10)	5.91	5.09	4.32
6	(n=100 $\rightarrow\infty$)	7.06	5.91	4.90

В действительности, значения $\kappa(H,n)$ могут оказаться ниже, если в качестве стартовой точки движения КА выбрать точку с ненулевым углом места, ответственную за параметр L_0 .

Кроме того, реальные расчеты выполняются с учетом трёхмерности траекторий движения КА в околоземном пространстве, это приводит к появлению незначительных форм-факторов – поправок порядка единицы.

Заключение. В заключении отметим, что конкретный расчет энергетической эффективности $\kappa(n, H)$, выполненный с реальными параметрами НСПОИ и ВРЛ, позволяет сформировать менее энергетически затратную технологию подготовки данных работы радиолинии для передачи информации с КА на НСПОИ.

Расчеты с энергетическими запасами $\Delta E = 1 \div 5 \text{ дБ}$ между соседними точками переключения режимов работы ВРЛ приводят к возможному количеству переключения режимов работы ВРЛ от 15 до 3 для траекторий КА в окрестности НСПОИ близкими к зенитному положению кульминационных точек.

Список литературы

1. Системы наблюдения, мониторинга и дистанционного зондирования Земли. Материалы XIV научно-технической конференции. Москва, Зеленоград, 2017. – 380 с. – ISBN 978-5-94627-081-6.
2. Бакланов А.И. Системы наблюдения и мониторинга: учебное пособие – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009 – 234 с.: ил. – ISBN 978-5-94774-905-2.
3. Digital Video Broadcasting (DVB). Part 1 (DVB-S2). DVB Document A171-1, 2015 – 115 pages.
4. Кирилин А.Н. Опытнo-технологический малый космический аппарат «Аист-2Д» / А.Н. Кирилин, Р.Н. Ахметов, Е.В. Шахматов, С.И. Ткаченко, А.И. Бакланов, В.В. Салмин., Н.Д. Семкин, И.С. Ткаченко, О.В. Горячкин. – Самара: СамНЦ РАН, 2017 – 324 с. – ISBN: 978-5-93424-785-1.

СПЕКТРАЛЬНАЯ НАСТРОЙКА СТЕНДА КАЛИБРОВКИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ КА ДЗЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЛИ

Алаторцев К.В.

ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт», г. Москва, РФ
alatorsev.kv@mail.ru

Введение. Результаты дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса с использованием космических аппаратов (КА) оказывают большое влияние на различные сферы нашей жизни. Для получения детальной и качественной информации ДЗЗ требуются точные настройка всего спутникового оборудования, в частности: проведение сложных испытаний оптико-электронной аппаратуры (ОЭА) КА, калибровку, радиометрическую коррекцию и т.п. Данные вопросы регулярно обсуждаются на семинарах и научных конференциях [1].

В настоящей работе описана процедура настройки стендового оборудования для проведения калибровочных работ ОЭА КА ДЗЗ с учетом задач экологического мониторинга Земли из космоса.

Цель настоящей работы состоит в отработке процедуры оптимизации настроек стенда для калибровки ОЭА КА ДЗЗ.

Основная часть. Первоначально, одной из настроечных процедур ОЭА КА является их тестирование на различных стендах засветки фокальной плоскости фотоприемника. Желательно иметь настраиваемый спектр облучения ОЭА, близкий к отраженному спектру излучения от наземных объектов, вторично прошедший через земную атмосферу (рис..

Для формирования подобной освещенности ОЭА можно использовать светодиодное излучение стенда засветки.

На практике необходимо максимально приблизить спектр стендового излучения к заданному, например, к солнечному, представленному на рисунке 1б). Задачу оптимизации настройки стендового светодиодного излучения можно сформулировать следующим образом. Пусть:

$Spectr(\lambda)$ – заданный спектр изучения (от длины волны λ), который мы стремимся получить на стенде;

$i = 1, \dots, N$ – номера N типов светодиодов, различных по спектральному диапазону излучения;

$S_i(\lambda)$ – спектры излучения i -го светодиода.

Необходимо найти стендовые коэффициенты (C_1, \dots, C_N) установки яркости светодиодного излучения, при которых результирующий спектр интегрального излучения, формируемый всеми светодиодами: $S(\lambda) = \sum_{i=1}^N C_i \cdot S_i(\lambda)$, был максимально близок к заданному спектральному

где \mathbf{A} – матрица $N \times N$ и вектора \mathbf{B}, \mathbf{C} размерности N задаются соотношениями (4) :

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} C_1 \\ \dots \\ C_N \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} b_1 \\ \dots \\ b_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \{ [\text{Spectr}(\lambda)] \cdot S_1(\lambda) \} d\lambda \\ \dots \\ \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \{ [\text{Spectr}(\lambda)] \cdot S_N(\lambda) \} d\lambda \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{N1} & \dots & a_{NN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \{ S_1(\lambda) S_1(\lambda) \} d\lambda & \dots & \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \{ S_1(\lambda) S_N(\lambda) \} d\lambda \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \{ S_N(\lambda) S_1(\lambda) \} d\lambda & \dots & \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \{ S_N(\lambda) S_N(\lambda) \} d\lambda \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Оптимизирующий (1) набора коэффициентов $\{C_1, \dots, C_N\}$ (3) в окончательном виде запишется в виде (5)

$$\mathbf{C} = \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B}. \quad (5)$$

Заключение. В заключении отметим, что на практике целевая функция (1) может содержать большое число требований в зависимости от класса решаемых задач экологического мониторинга Земли из космоса [1].

В этом случае у выражения $S(\lambda) = \sum_{i=1}^N C_i \cdot S_i(\lambda)$ при аппроксимации $\text{Spectr}(\lambda)$ могут появляться дополнительные весовые коэффициенты W_i , или даже $W_i(\lambda)$, отражающие важность получения более точных результатов в определенных спектральных диапазонах длин волн излучения $[\lambda_1^*, \lambda_2^*] \in [\lambda_1, \lambda_2]$ при тематической обработке получаемых космоснимков. В результате целевая функция (1) принимает вид (5):

$$\mathfrak{F}(C_1, \dots, C_N) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \{ [\text{Spectr}(\lambda) - W_i(\lambda) \cdot S(\lambda)]^2 \} d\lambda =$$

$$= \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \{ [\text{Spectr}(\lambda) - \sum_{i=1}^N W_i(\lambda) \cdot C_i \cdot S_i(\lambda)]^2 \} d\lambda \rightarrow \text{minimum} \quad (5)$$

Список литературы

1. Системы наблюдения, мониторинга и дистанционного зондирования Земли. Материалы XVIII научно-технической конференции. Москва, Зеленоград, 2022 – 284 с. – ISBN 978-5-94627-081-6.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Учеб. пособие: Для вузов. В 5 т. – 4-е изд. стереот. – М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2004. – ISBN 5-9221-0228-01.
3. Кудрявцев Л.Д. Курс математического анализа (в двух томах): Учебник для студентов университетов и вузов. М.: «Высшая школа», 1981, т. II:- 584 с., ил. . – ISBN 5-9221-0308-3.
4. Беклемишев Д.В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры: Учебник. – 13-е изд., испр. – С-Пб.: Издательство «Лань», 2015. – 448 с. ил. – (Учебник для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-1844-2.
5. Бакланов А.И. Системы наблюдения и мониторинга: учебное пособие – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 234 с: ил. – ISBN 978-5-94774-905-2.

АСПЕКТЫ ЭСТЕТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДОВ

Башева Т.С., канд. техн. наук, доц., *Исаенко Ю.С.*

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, РФ;
t.s.bashevaya@donnasa.ru

Введение. Многие столетия человечество стремилось к развитию, к усовершенствованию орудий производства, повышению уровня жизни, обеспечению нужд государства и гражданина. Все это сопровождалось «порабощением» природы и вовлечением в производственные циклы всех компонентов окружающей среды. Технологический и научный прорыв сопровождался повышением комфортности жизни человека, развитием промышленности и расширением городов. На гребне стремления к повышению «качества жизни» человека за счет модернизации и осовременивания окружающей среды не заметили, что человеку как части биосферы стало «не комфортно» в этой новой техногенной среде. Увеличилось количество болезней, связанных с загрязнением атмосферного воздуха, почвы, с ухудшением качества воды. В крупных городах зафиксирован рост случаев перегрузки анализаторов и психофизиологической перегрузки человеческого организма в целом. Такие ухудшения показателей здоровья вероятно связаны с тем, что «милые», уютные, озелененные малоэтажные населенные пункты вытиснились урбанизированными территориями с большой плотностью населения и высотными домами.

Основная часть. Человек, подобно любому живому организму, является одним из элементов биосферы. Понятие «окружающая среда» было введено в экологию биологом Я. Юксюлем для обозначения «внешнего мира, окружающего живые существа в той мере, в какой он воспринимается органами чувств и органами передвижения животных и побуждает их к определенному поведению» (Экологические очерки..., 1988. С.12). Поэтому, с полной уверенностью можно сказать, что охрана окружающей среды – это, в конечном итоге, главным образом охрана самого человека. Начавшийся в эпоху индустриализации процесс противопоставления образа жизни человека в городе и в естественной природной среде обитания в настоящее время усугубился. Стремление к комфортной жизни, к росту благосостояния, к источникам трудовой деятельности, позволяющим реализовать свой профессиональный потенциал приводит человека в развитые экономически привлекательные крупные населённые пункты. По прогнозам ООН к 2050 году 70% населения планеты будут проживать в городах. В РФ по данным Росстата в городах проживает 75,1% населения. Наблюдается тенденция к повышению плотности населения в крупных городах, повышение

этажности застройки. Средняя плотность населения в РФ по данным 2023 года составляет 8,55 чел./км², при этом в Москве плотность населения достигла показателя 5116,82 чел./км².

В экономически привлекательном, современном городе человек лишается свойственной его биологической натуре свободы, естественности, чувствительности, его жизнь все больше становится подчиненной функциям и порядку города. Вследствие этого под влиянием постоянного стресса, вызванного окружающей средой, у человека развиваются такие болезни как: градобоязнь, шизофрения, сильные нервные расстройства и депрессия [2]. По определению ВОЗ, психическое здоровье – это не только отсутствие психических расстройств, а состояние благополучия, при котором каждый человек может реализовать свой собственный потенциал, справляться с обычными жизненными стрессами, продуктивно и плодотворно работать, а также вносить вклад в жизнь своего сообщества [2]. Психическое здоровье определяется как социально-экономическими, биологическими факторами, так и факторами, относящимися к окружающей среде. Люди, живущие в городе более эмоционально неустойчивые, чем люди из пригорода. Анализ психоэмоционального состояния городского населения показал, что на 33 % анкетированных постоянно оказывает влияние мелькание машин в городе, у 24 % опрошенных присутствует ощущение суеты, условия жизни в крупном городе вызывает раздражение и усталость у каждого десятого из респондентов.

Одной из значимых причин тому является визуальная (видимая) среда. Визуальная среда – это все, что окружает человека в его повседневной жизни, или все, на что он смотрит глазами [3]. Вопросы изучения влияния видимой среды на здоровье и самочувствие человека рассматривается многими отраслями наук. Одно из современных научных направлений – видеоэкология: «видео» – все то, что человек видит с помощью органа зрения, и «экология» – наука о разных аспектах взаимодействия человека с окружающей средой. Термин «видеоэкология» ввел в 1989 году д.б.н, академик Филин В.А. [3].

Проведенный анализ условий городской среды, которые влияют на комфортное нахождение в ней человека, позволил выделить следующие аспекты. Во-первых, строительство и эксплуатация небоскребов “сверхчеловеческих” масштабов является антиприродным и неестественным, так как превышение масштабов архитектурных объектов относительно пропорций человека вызывает дискомфорт, чувство опасности и незащищенности. Исходя из принципов видеоэкологии, высота домов не должна превышать высоту деревьев” [2]. Психика человека, окруженного неестественными большими объектами, находится в напряжении. Также, нужно учесть форму зданий: в большом количестве острые грубые геометрические формы вызывают внутренний дискомфорт.

Во-вторых, в последнее время возникла тенденция возводить высотные здания ярких цветов: в городах можно увидеть большие

позолоченные цилиндры, строения алого или пурпурного цветов, дома в виде смолянисто черных кубов. Эти цвета являются не естественны для природы, а значит некомфортными для человека. Однако, во многих городах в цветовом оформлении сохранилась противоположная проблема – монотонность и тусклость зданий. Целые районы похожих панельных домов расценивается как одна из больных тем городского развития. Частое применение однотипного архитектурного ритма, серых унылых цветов вызывает однообразие и скуку, блокирует подсознание человека и развитие творческого мышления. Подытожим: вторым аспектом, который следует учитывать при формировании комфортной городской среды, является «цвет окружающих объектов».

Человек так устроен, что должен наблюдать зеленные участки и широту горизонта. Зеленый цвет листвы, их тихий шелест, насыщение воздуха фитонцидами, повышенное содержание в воздухе кислорода укрепляют здоровье человека и оказывают благоприятное физиологическое действие на его нервную систему. Экономическая ценность каждого участка городской застройки не способствует стремлению застройщиков к созданию зеленых зон отдыха для горожан. Третий аспект эстетического загрязнения: недостаточное озеленение.

Заключение. В современном городе уже невозможно не учитывать такие экологические факторы как агрессивность визуальной среды, гомогенность плоскости застройки и так далее. Для гармонизации человека, природы и города в стратегии современной урбанистики необходимо ввести правило: «комфортная для человека окружающая среда должна быть природоподобной».

Список литературы.

1. Маршалкович, А. С. Экология городской среды : курс лекций / А. С. Маршалкович, М. И. Афолина. – Москва: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. – 319 с. – ISBN 978-5-7264-1269-6. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/46051.html> (дата обращения: 29.07.2023).
2. Шаймарданова, К. А. Влияние визуальной среды города на психологическое состояние и здоровье человека: особенности восприятия пространства / К.А. Шаймарданова // Актуальные проблемы дизайна и дизайн-образования : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 15–16 апр. 2020 г. В 2 ч. Ч. 2 / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Х. С. Гафаров (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2020. – С 198-208. – URL: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/257412/1/198-208.pdf> (дата обращения: 30.08.2023).
3. Филин, В. А. Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что – плохо / В. А. Филин. – М. : Видеоэкология, 2006. – 512 с. – Текст : непосредственный.

МЕХАНИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Белецкий Я.О., Сердюк А.И., д-р хим. наук, проф.
ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Макеевка, РФ
ya.o.beletskiy@donnasa.ru

Каждый из нас не представляет свою повседневную жизнь без портативных устройств: смартфона, ноутбука, геймпадов, фитнес браслетов, беспроводных инструментов и так далее. Все эти электроустройства работают на химических источниках тока (ХИТ), таких как батарейки и аккумуляторы. Так как много электрооборудования в мире используют химические источники тока для своей работы, встает вопрос о методах переработки или утилизации батареек и аккумуляторов. В работе рассмотрим одни из экономически выгодных методов переработки химических источников тока – механический.

Механический способ переработки химических источников тока включает в себя несколько этапов.

На подготовительном этапе происходит ручная сортировка источников тока по типам. Тщательная ручная сортировка, кроме этого, позволяет отделить незначительные количества специализированных батареек.

На первом этапе происходит сортировка химических источников тока по составу. Батарейки поступают на технологическую линию по сортировке, где работники предприятия вручную сортируют батарейки и отбирают солевые, щелочные и угольно-цинковые, а также отдельно литий-ионные аккумулятор. Для дальнейшей переработки необходимо обязательно сортировать химические источники тока, чтобы на выходе технологического процесса получить чистые материалы. По отдельным категориям химических источников тока [1-2].

Вторым этапом является измельчение. ХИТ подвергаются дроблению на скоростной молотковой мельнице, на специальном устройстве – измельчителе-деструкторе шредерного типа ИДШТ-1 (представлен на рисунке 1).

На третьем этапе происходит магнитная сепарация. После фракционирования на сите, обе фракции подвергаются магнитной сепарации. На этой стадии из крупной фракции, не прошедшей через сито, выделяется металлический лом.

На четвертом этапе производится аэродинамическая сепарация.

Немагнитная часть подвергается аэродинамическому сепарированию. Легкие компоненты уносятся потоком воздуха и осаждаются в

циклоне-накопителе. Это полимерная оболочка батареек, резиновые изоляторы.



Рис. 1. Измельчитель ИДШТ-1

Тяжелые компоненты проходят аэродинамическую колонну и накапливаются. Это цветной лом, преимущественно состоящий из цинковых электродов.

После аэродинамической сепарации получают следующее сырье:

- резиновую смесь и полимерные пленки, которые используются для получения топлива методом пиролиза.

- лом цветных металлов, который используется в качестве вторичного сырья после переплавки.

После аэродинамической сепарации получают компоненты, представленные на рисунке 2.



Рис. 2. Резиновая смесь и полимерные пленки (слева), вторичный металл (справа)

Последний пятый этап – заключительный, который представляет систему отсеивания для получения смеси цинка, графита и марганца. Часть химических элементов бывших источников питания, которая прошла через

вибросито представляет из себя смесь оксида цинка, металлического цинка, диоксида марганца, графита[3-4].

Для литий-ионных аккумуляторов, первичный процесс такой же, как и у батареек, но литий извлекают путем помещения камер батарей в ванны с едкими соединениями, растворяющими соли лития, которые отфильтровывают и используют в производстве карбоната лития. Оставшиеся побочные продукты применяют для восстановления кобальта, входящего в состав электродов[5-6].

Механический метод с использованием специального промышленного оборудования – измельчителя ИДШТ-1 экологически и экономически выгодный, так как процесс во много автоматизирован, и исключает негативного воздействия на оператора (человека). С экономической стороны основной тратой денежных средств является закупка оборудования для измельчения и сепарации химических источников тока.

Список литературы

1. Сусанин, Д. А. Утилизация отработанных элементов питания в Великом Новгороде / Д. А. Сусанин // Дни науки и инноваций НовГУ : материалы XXVII научной конференции преподавателей, аспирантов и студентов НовГУ, в 3 ч., Великий Новгород, 06–11 апреля 2020 года. Том Часть 3. – Великий Новгород: Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого, 2020. – С. 76-81. – DOI 10.34680/978-5-89896-668-3/2020.DN-3.11. – EDN DCLZNK.
2. Патент № 2437190 С2 Российская Федерация, МПК H01M 10/54, H02J 7/00. Способ восстановления аккумуляторной батареи и устройство для его осуществления : № 2009130283/07 : заявл. 07.08.2009 : опубл. 20.12.2011 / Платонов Г. Д. – EDN: КОСВНН
3. Московкин, В. М. Системы сбора и рециклинга батарей и аккумуляторов по Европейскому образцу / В. М. Московкин // Твердые бытовые отходы. – 2022. – № 9(195). – С. 60-64. – EDN MITNPL.
4. Плахотник, В. Н. Обезвреживание и утилизация реакторной части литиевых батарей системы Li./LiBF₄,y-B.n/(CF)_x / В. Н. Плахотник, Е.И. Бондарь, И.Л. Гуливец. – Текст : непосредственный // Тез. докл. III совещ. стран СНГ по ЛИТ, Екатеринбург. – 2018. – С. 87-89.
5. Xiaotu Ma. Li-ion battery recycling challenges / Luqman Azhari, Yan Wang – Text: direct // Chem. Volume 7, Issue 11. – 2021. – P. 2843-2847
6. Решетова, А. В. Проблема утилизации аккумуляторов и батареек в Ярославском районе Г. Москвы / А. В. Решетова, Л. А. Дажунц // Потаповские чтения – 2019 : Сборник материалов ежегодной Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Дмитриевича Потапова, Москва, 25 апреля 2019 года. – Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2019. – С. 130-135. – EDN ZYWUUP.

СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ПЫЛИ ПРИ ПЕРЕЛИВАХ ЧУГУНА В МИКСЕРНОМ ОТДЕЛЕНИИ ДОНЕЦКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА

Бодряга В.В.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
vobod@yandex.ru

Введение. Качество окружающей среды в первую очередь формируют предприятия гиганты, такие как металлургические комбинаты, расположенные в городской черте. Поэтому борьба с организованными и неорганизованными выбросами в атмосферу, является необходимым условием улучшения экологической обстановки.

Одной из проблем загрязнения атмосферы, являются выбросы бурого дыма, который образуется при переливах расплава чугуна в миксерных отделениях доменных цехов. Выбросы, состоят из двух основных компонентов: крупнодисперсной графитсодержащей пыли и мелкодисперсных частиц оксидов железа (бурого дыма). Причиной образования бурого дыма является окисление мелких брызг чугуна в режиме тотального горения [1].

Эффективным решением подавления образования бурого дыма, является снижение концентрации кислорода газовой подавая нейтральный газ в зону брызгообразования капель чугуна с целью предотвратить окисление железа [2].

Цель. Определение рационального объемного расхода нейтрального газа в случае применения установки пылеподавления выбросов азотом, которое обеспечит снижение выбросов при переливах чугуна.

Основная часть. Рассчитаем степень пылеподавления выбросов. В табл. 1 показаны значения, которые характеризуют процесс образования выбросов при переливах чугуна в миксерном отделении Донецкого металлургического завода.

Величину $w_{кр}$ в табл. 1 рассчитаем по выражению (1):

$$w_{кр} = 24,2 - \sqrt{2gh}. \quad (1)$$

Таблица 1

Значения параметров, характеризующих подавление выбросов
при переливах чугуна из миксера в ковш

d – диаметр сопел, м	0,15
S – расстояние от сопла до металла, м	1,5
$w_{кр}$ – критическая скорость, м/с	14,3
V – объем поступающего воздуха, м ³ /с	11
h – средняя высота падения струи, м	5

Выражение (2) показывает зависимость между степенью пылеподавления и технологическими параметрами установки пылеподавления азотом (УПА):

$$\varepsilon = 1 - \left(\frac{0,25Q^2}{w_{кр}^2 n^2 (0,085S_c d_c + 0,145d_c^2)^2} - \frac{0,81Q}{w_{кр} n (0,085S_c d_c + 0,145d_c^2)} + 1 \right) \times \frac{\exp\left(21,655 - \frac{1}{0,04618 - 0,016Q/V}\right)}{\sqrt{1 - 0,347Q/V}} \quad (2)$$

В (2) были подставлены данные из табл. 2.

Два сопла:

$$\varepsilon = 1 - (0,453Q^2 - 1,09Q + 1) \times \frac{\exp\left(21,655 - \frac{1}{0,04618 - 0,0009Q}\right)}{\sqrt{1 - 0,02Q}}, \quad (3)$$

Три сопла:

$$\varepsilon = 1 - (0,201Q^2 - 0,727Q + 1) \times \frac{\exp\left(21,655 - \frac{1}{0,04618 - 0,0009Q}\right)}{\sqrt{1 - 0,02Q}}. \quad (4)$$

Полученные графики представлены на рис.

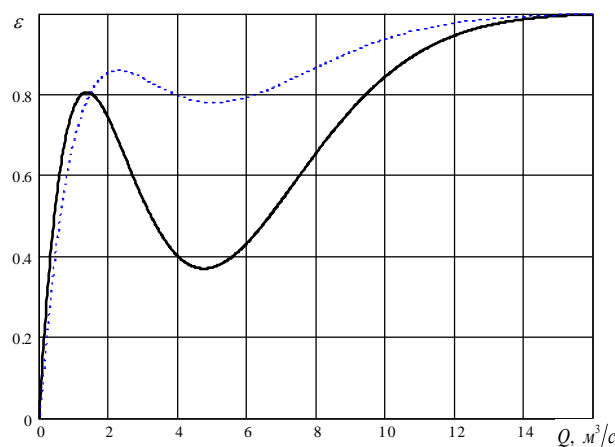


Рис. Зависимость степени пылеподавления от расхода азота при количестве сопел: — — 2 и - - - - 3:

Вначале при росте объемного расхода азота происходит рост степени пылеподавления за счет снижения концентрации кислорода в газовой фазе и объединение капель чугуна за счёт аэродинамического влияния струи азота [3]. В дальнейшем увеличение расхода нейтрального газа приводит к росту скорости струи газа и степень пылеподавления снижается вследствие дробления крупных брызг чугуна и как следствие увеличения поверхности испарения.

Результаты показаны в табл. 2: приводятся максимальные значения степени пылеподавления при соответствующих значениях объемного расхода нейтрального газа.

Результаты расчета степени пылеподавления в миксерном отделении ДМЗ

	2 сопла	3 сопла
ε_{\max}	0,8	0,86
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	1,4	2,4

Из графиков (рис) видно, что локальный максимум достигается при объемном расходе нейтрального газа, зависит от числа сопел, в сторону увеличения объемного расхода, при этом величина достигаемого максимума растёт. Это происходит вследствие того, что при одинаковом расходе азота скорость истечения струи газа для двух сопел будет больше чем для трех сопел, что влияет на процессы разрушения капель чугуна и как следствие увеличение поверхности испарения железа и его оксидов с поверхности капель.

Заключение. Получены значения рациональные значения объемного расхода азота, которые могут быть использованы при разработке режимов подавления бурого дыма, что позволит улучшить экологическую обстановку в миксерном отделении Донецкого металлургического завода.

Список литературы

1. Недопёкин Ф.В. Исследование экологической проблемы образования бурого дыма / Ф.В. Недопёкин, В.А. Кравец, В.В. Бодряга и др. // Металлургическая теплотехника. Сборник научных трудов. – Днепропетровск: Пороги, 2004. – С. 221-229.
2. Недопёкин Ф.В. Процессы теплопереноса в брызгах чугуна, приводящих к образованию бурого дыма / Ф.В. Недопёкин, В.А. Кравец, В.В. Бодряга // Вестник Донецкого университета, сер.А. Естественные науки, №1, 2002, Вып. 2. – С.270-275.

УДК 622.02:539.2

МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕДНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В МНОГОКРАТНО ПОДРАБОТАННЫХ ГОРНЫХ МАССИВАХ

Дрибан В.А., д-р техн. наук, ст. науч. сотр., *Дуброва Н.А.*, канд. техн. наук
ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геофизики, геомеханики и маркшейдерского дела», г. Донецк, РФ
ranimi@ranimi.org

В работах [1-2] установлено, что долгосрочная многократная подработка угольных пластов в условиях крутого падения приводит к кардинальному изменению проницаемости вмещающих горных пород и

трансформации массива в квазиоднородную по фильтрационным свойствам среду. Для подтверждения полученных теоретических результатов нами были использованы обширные экспериментальные данные о распределении вредных загрязняющих веществ (ВЗВ) в массиве, как наиболее представительные, полные и удовлетворяющие задаче исследования.

Высокая степень техногенной нагрузки в Горловской горно-промышленной агломерации привела к аварийной ситуации отравления шахтной атмосферы летально опасными концентрациями ВЗВ в 1989-1990 гг. на шахтах «Углегорская» и «Александр-Запад», в силу чего ПО «Укруглегеология» были проведены уникальные исследования и получен широкий спектр фактических гидрогеохимических данных, включающих информацию о концентрациях и распространении вредных загрязняющих веществ в массиве. В анализе использованы данные более чем 1500 проб по 58 наблюдательным скважинам.

Для корректной обработки экспериментальных данных разработана безразмерная модель распределения загрязнителей в массиве и на базе аналитического моделирования и статистического анализа выявлены типовые закономерности их распределения.

Близость функций распределения загрязнителей оценивалась коэффициентом тесноты связи, который рассчитывался по формуле:

$$k_{св} = 1 - \left(\int_a^b (f(x) - g(x))^2 dx \right)^{0.5} \left(\int_a^b g(x)^2 dx \right)^{-0.5}. \quad (1)$$

Коэффициент тесноты связи определялся между кривыми, характеризующими распределение загрязнителя на одном горизонте в направлении основных осей координатной сетки. Характер полученных распределений имеет высокие коэффициенты тесноты связи от 0,71 до 0,97 для различных глубин, направлений и поллютантов.

На основании частного решения уравнения диффузии (2) построена и верифицирована диффузионно-дисперсионная модель распределения ВЗВ, описывающая реальные геомеханические и фильтрационные процессы в многократно подработанном массиве.

$$\Phi(r_0, t) = \int_0^t \int_0^{2\pi} \int_0^1 r\tau^{-1} e^{-\frac{|\vec{r}-\vec{r}_0|^2}{4k\tau}} drd\theta d\tau, \quad (2)$$

где r_0 – радиус-вектор; r, θ – полярные координаты.

На рисунке 1 представлены типовые кривые распределения концентраций для различных значений обобщенного параметра в зависимости от относительного расстояния.

Верификация модели выполнена путем анализа функции невязки типовых распределений и фактических данных, что позволило установить фильтрационные параметры массива:

$$f(\tau) = \sum_i (\Phi(x_i, \tau) - yf_i)^2, \quad (3)$$

где yf_i – фактические относительные концентрации; x_i – относительные расстояния до центра пятна загрязнения; τ – обобщенный параметр, определяемый по формуле $\tau = 4ktR^2$.

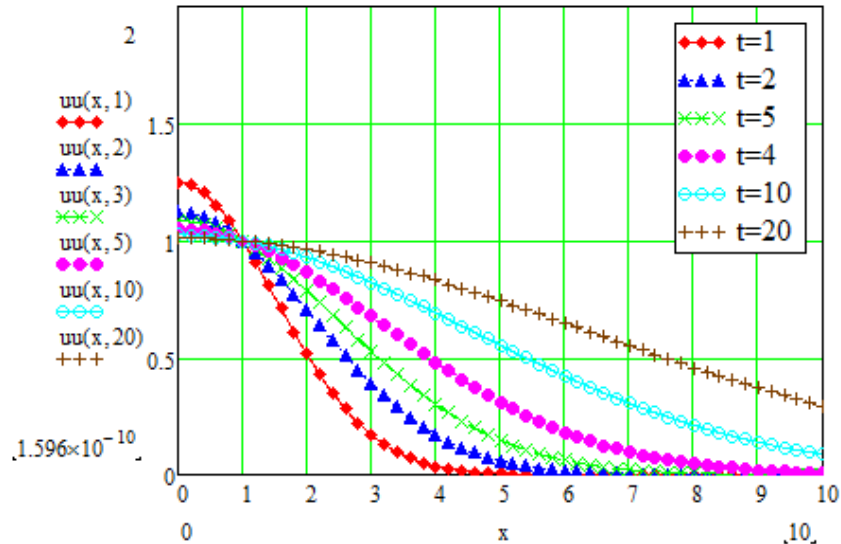


Рис. 1. Типовые кривые распределения концентраций для различных значений обобщенного параметра в зависимости от относительного расстояния

Расчет выполнен для временного интервала длительностью 10 лет, выбор которого обоснован временем обнаружения первых проявлений ВЗВ в горных выработках. Минимум функции невязки соответствует максимальным значениям тесноты связи фактических данных и теоретической кривой (рис. 2). Таким образом, произведены перерасчеты и построены планиметрические модели распространения ВЗВ, а также решена обратная задача: по данным имитационного моделирования найдены параметры диффузионно-дисперсионного процесса.

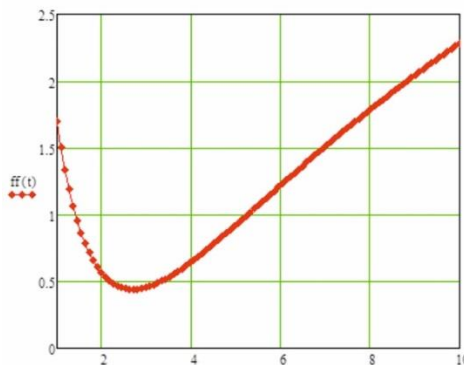


Рис. 2. Кривая невязки для о-ксилола (направление восток-запад, горизонт минус 120 м)

Пример полученных моделей представлен на рисунке 3.

Полученные результаты показывают высокие корреляционные соотношения (от 0,68 до 0,9 и выше), а теоретические значения коэффици-

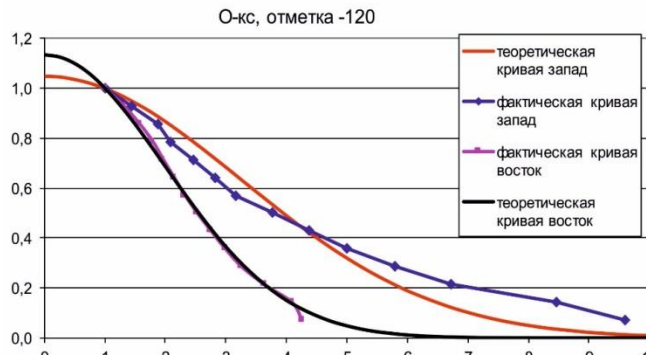


Рис. 3. Типовые кривые распределения концентраций о-ксилола на горизонте минус 120 м, направление запад, восток

ентов фильтрации изменяются от единиц до сотен метров в сутки, что практически полностью совпадает с результатами выполненных ранее экспериментальных исследований по запуску трассеров.

Список литературы

1. Driban V.A. Evaluation of changes in rock mass permeability due to long-time repeated mining / Viktor Driban, Natalia Dubrova // PROGRESSIVE TECHNOLOGIES OF COAL, COALBED METHANE, AND ORES MINING. – CRC Press/Balkema, Netherlands, 2014. – pp. 167-174.
2. Driban V.A. Measurement of change of rock mass permeability in consequence of long-time repeated mining / Driban V.A., DSc., Dubrova N.A. // Материалы научно-практической конференции посвященной 80-летию стахановского движения. Луганский государственный университет им. Владимира Даля, – Л. 2015 г. – С.72-78.

УДК 62-78(075.4)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗ ИНТЕГРАЛЬНОГО РИСКА ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ОБЪЕКТ – ФАКТОРЫ – ЗАЩИТА – ЧЕЛОВЕК»

*Есипов Ю.В.*¹, д-р техн. наук, проф.,
*Черемисин А.И.*¹, канд. техн. наук, доц.,
*Шеставин Н.С.*², канд. техн. наук,

*Асланов П.В.*², канд. физ.-мат. наук, с.н.с., *Несова А.В.*²

¹ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,
г. Ростов-на-Дону, РФ,

²ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
yu-yesipov5@yandex.ru, n.shestavin@mail.ru

Теоретическая часть. В рамках концепции факторного параметрического моделирования проблема оценки интегрального риска нашла выражение на следующих этапах развития:

1) Формулировка объекта исследования в виде технической системы «потенциально опасный объект (ПОО) – опасные и вредные факторы (ОВФ) – способы и средства защиты (ССЗ) – человек (население или группа физических лиц)» и представления интегрального риска на основе событийного подхода;

2) Полное и частичное выражение возможных происшествий в технической системе с помощью полного и производного факторных параметрических базисов. Введение и описание гиперкуба как геометрической модели риска системы;

3) Унификация гиперкуба с помощью введения 9 видов факторов и 9 основных параметров из системы СИ, на основе которых применяются производные величины (параметры) (энергия, концентрация, плотность мощности и т.д.). Они участвуют и описывают различные исходы в рамках параметрической модели «воздействие – ослабление – восприимчивость (несущая способность, стойкость)» [1].

4) В рамках Постановления о СУОТ 2016 [2] было выбрано 146 исходов, которые описаны в [3], где в результате получился «экспертный гиперкуб», как логико-параметрическая модель риска системы.

Следовательно, в результате на этих этапах нами была произведена новая систематизация и формализация опасностей в системе «объект – факторы – защита – человек», разработанной в рамках Положения о СУОТ 2016, и описано множество факторов, количество которых составляет 28, и множество параметров, с количеством 146.

Эти множества были заданы на сигнатуре алгебры Буля и выражены множеством \mathbf{YB} индикаторов $\mathbf{J} = \{j\}$ факторов и множеством условий (результатов) $\mathbf{I} = \{i\}$ их действия на человека или ПОО

$$\mathbf{YB} = \{a_{ji}\}, \quad (1)$$

где $a = 0 \vee 1$, причем если $a_{ji} = 1$, то действует условие i в факторе j , причем сумма индикаторов

$$\sum_1^{28} \sum_1^{var} (aji) = 146. \quad (2)$$

Также был построен факторный параметрический базис (ФПБ) как совокупность [3]: 1) множеств параметров воздействия и восприимчивости, 2) множеств параметрических критериев превышения воздействия над восприимчивостью и 3) группы операций на основе сигнатуры нечетких множеств.

Следует отметить, что с помощью этого базиса достижимо: 1) полное (по возможности) и стандартное описание всех предпосылок возникновения происшествий в конкретно заданной системе, 2) расчет количественных мер реализации исходов, 3) проведение сравнительного анализа риска и безопасности условий жизни человека и труда работников различных предприятий и 4) упорядочивание всех выявленных опасностей и количественное обоснование ранжирования риска воздействий.

В качестве дальнейшей детализации в рамках факторного параметрического базиса (ФПБ) нами было предложено «расщепление»

параметров восприимчивости согласно их представления таких исходов, как травма (отравление) – увечье (удушье) – летальный исход [4]. В результате выяснилось, что «исходов» или их «предпосылок» может быть больше, чем 146, а в принципе, 438.

Кроме того, было показано, как можно рассчитывать вероятности исходов, при условии, если параметры имеют нормальное распределение. Поскольку функция Лапласа табулирована с точностью 0.000001, то и вероятность исходов может быть рассчитана с этой же точностью 0.000001.

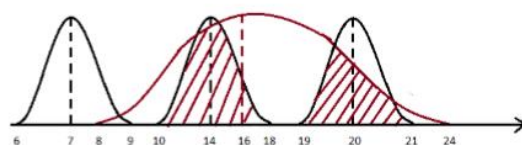
Расчетно-экспериментальная часть. Для демонстрации был выполнен расчет интегрального риска системы «объект: чрезвычайная ситуация (утечка метана и пылевая буря); факторы: токсичные дозы концентрации метана и пыли (пороговая, поражающая и смертельная); параметры исхода: отравление; удушье; летальный исход».

Таблицы 1

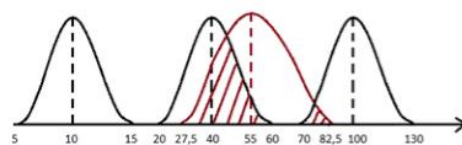
– Степень поражения человека от величины токсической дозы концентраций
1) газа CH_4 и 2) пыли (ppm).

Степень поражения	Метан (CH_4)	Пыль
	Токсическая доза, (ppm)	Токсическая доза, (ppm)
Пороговая	7000	10
Поражающая	14000	40
Смертельная	20000	100

На рис. 1 показано построение графической модели «воздействие – линейка восприимчивости», газ метан CH_4 , (а) и пыль (б). По оси ординат показана плотность вероятности нормально распределенных случайных величин восприимчивости к исходам (черным цветом); отравление, удушье, летальный исход, а также бордовым цветом – плотность распределения конкретного параметра воздействия по оси абсцисс: концентрация газа метана CH_4 , $1000 \cdot \text{ppm}$ (а), концентрация пыли, размерность, ppm (б)



(а)



(б)

Рис. 1. Модель задачи на основе линейки восприимчивости человека к действию газа метана CH_4 (а) и пыли (б) без защиты.

Результаты расчета по алгоритму [2, с. 66 и 106] представлены в таблицах 2 и 3. Условно примем, что при возникновении исходов $i = 1, 2, 3$ величина ущерба соответственно равна 1, 10 и 1000 усл. ед.

Таблица 2

– Результаты оценки риска действия газа CH_4 на работника

	Параметры восприимчивости, r_i Исход/ущерб от исхода, c_i	Вероятность p_i исходов при уровнях воздействия с учетом коэффициентов ослабления защитой		
		$S_1 f=1$	$S_2 f=0,4$	$S_3 f=0,1$
Концентрация газа, N	20000	16000	6400	1600
Абсолютная погрешность, Δ	10000	8000	3200	800
Среднеквадратическое отклонение, σ	333,3	2666,6	1066,6	266,6
Запас безопасности, $Z_B(f)$	3,27; 0,67/(s>r); 0,93/(s<r)	1,48	12,17	43,1
Риск / вероятность отравления	1	0,99	0,32	0
Риск / вероятность удушья	0,1	0,01	0,001	0
Риск / вероятность летального исхода (ЛИ)	2	0,002	0	0

Таблица 3

– Результаты оценки риска действия пыли на работника

Оценка риска действия пыли на человека	Параметры восприимчивости, r_i Исход/ущерб от исхода, c_i	Вероятность p_i исходов на разных уровнях защиты с учетом коэффициентов ослабления		
		$S_1 f=1$	$S_2 f=0,4$	$S_3 f=0,1$
Концентрация пыли, N	100	55	22	5,5
Абсолютная погрешность, Δ	50	27,5	11	2,75
Среднеквадратическое отклонение, σ	10	9,16	3,66	0,916
Запас безопасности, $Z_B(f)$	4,8; 2,9/(s>r) 0,93	4,8	2,9	0,7
Риск/вероятность отравления	1,0	1,0	0,99	0,242
Риск/вероятность удушья	9,03	0,93	0,01	0
Риск / вероятность ЛИ, $R_{ли}$	0,34	0,00034	0	0

Таким образом, интегральный риск системы [2, с. 30] может быть получен в виде:

$$\Omega = \sum (p_i \cdot c_i), \quad (3)$$

где $i = 1, 2$.

При этом, интегральный риск отравления 1,99; удушья 9,13; летального исхода 2 (у.е).

Максимальный риск ω_{\max} от действия 2 факторов; $\omega_{\max} = \max(p_i \cdot c_i) = 9,03$ (у.е.) / ($i = 1, 2$). Минимальный риск $\omega_{\min} = \min(p_i \cdot c_i) = 1,0$ (у.е.) / ($i = 1, 2$).

Исследование выполнено в рамках госбюджетной темы «Анализ и прогноз на основе спутниковых данных экологических последствий военных действий и чрезвычайных ситуаций на территориях Донбасса и сопредельных регионов» (госрегистрация № 1023031100017-5-1.2.1).

Список литературы

1. Есипов Ю.В. Мониторинг и оценка риска систем: защита – объект – среда [Текст] / Ю.В. Есипов, Ф.А. Самсонов, А.И. Черемисин. – 1-е изд. – М.: ЛКИ: УРСС, 2008. – 136 с.
2. Приказ Минтруда России № 438н от 19 августа 2016 г. «Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда» [Электронный ресурс] // Минтруд России. – 2016. – 26 с. – URL: <https://mintrud.gov.ru/docs/mintrud/orders/541> (дата обращения: 30.09.2023).
3. Есипов Ю.В. Научно-прикладные задачи техносферной безопасности: монография / Ю.В. Есипов, Б.Ч. Месхи, М.С. Джиляджи. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 123 с.
4. Есипов Ю.В. Способ оценки интегрального риска на примере системы: предприятие GL2Z – опасные и вредные факторы – работники [Текст] / Ю.В. Есипов, Б.Э. Бухезна, М.С. Джиляджи // Безопасность труда в промышленности. – 2021. – № 10. – С. 77-81.

УДК 504.4.054

ПЛАСТИКОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ УДАЛЕННЫХ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ: ОБЩАЯ ПРОБЛЕМА ДЛЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ И МОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Ильина О.В., Поярко А.А., Виноградская М.И., канд. биол. наук
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
г. Москва, РФ
marmak2017@yandex.ru

Введение. Пластиковое загрязнение водной среды и прибрежной зоны оказалось представлено особенно остро среди глобальных экологических проблем человечества в течение последних десятилетий. В составе морей арктической зоны высокие показатели пластикового загрязнения отмечены для Баренцева моря, что связано с поступлением пластиковых отходов в составе океанских течений и судового трафика, а также из внутренних источников [1].

Очистка прибрежных территорий от пластика силами специализированных организаций не практикуется в силу отсутствия законодательной базы и соответствующих служб, в то же время высокие концентрации пластика на береговой линии делают их аналогичными несанкционированным свалкам с сопутствующими экологическими проблемами. В последние годы широкую популярность именно в арктических регионах приобретает очистка береговой линии в формате волонтерских акций. Как для жителей и администраций удаленных регионов, так и для организаторов волонтерских уборок, вывоз отходов связан с высокими затратами и техническими сложностями. Транспортная недоступность и слабое развитие инфраструктуры затрудняют процессы

обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) в удаленных малонаселенных регионах, а также создают сложности с внедрением отдельного сбора и вторичной переработки отходов. Открытое сжигание так или иначе может упоминаться в качестве единственно альтернативы в случаях, когда вывоз отходов оказывается невозможен, а оставление их в природе неприемлемо.

Основная часть. В данной работе рассматриваются технические и экономические аспекты очистки побережья от пластиковых отходов, а также риски, связанные с их открытым сжиганием. В июле 2023 года нами проведены работы по волонтерской уборке на побережье Баренцева моря, в губе Подпахта, расположенной на территории Кандалакшского государственного природного заповедника, вблизи мест массовых гнездований морских птиц. Показатели пластикового загрязнения в месте уборки составили 20,3 кг/м в пересчете на метр береговой линии и оказались максимальными среди всех мониторинговых станций.

В ходе работ было собрано и вывезено 633 кг (7,6 м³) отходов и задействовано 50 человеко-дней. 8% собранных отходов было направлено на переработку, 48%, включая главным образом фрагменты промышленных сетей – на вторичное использование. Стоимость работ, в пересчете на единицу объема отходов, в которую входили транспортные расходы и обеспечение волонтеров, составили около 30 700 руб./м³, что в 32 раза превышает тариф по вывозу ТКО, установленный региональным оператором Мурманской области. Крайне высокая себестоимость и низкая продуктивность уборки связана с рядом факторов, среди которых можно выделить: 1 – высокую трудоемкость процессов, связанных с фрагментацией крупных и перепутанных скоплений сетей и канатов и формированием упаковок, пригодных к погрузке; 2 – лимитирующий временной фактор, возникающий в связи с необходимостью использования маломерных катеров небольшой грузоподъемности в зоне с сильной прибойной активностью; 3 – зависимость от погоды, невозможность проведения уборки и вывоза в штормовых условиях; 4 – значительные временные затраты, связанные с ручным перемещением собранных отходов по береговой линии до зоны погрузки, а также непосредственно с самой погрузкой; 5 – необходимость обеспечения базовых бытовых потребностей волонтеров в полевых условиях в регионе с суровым климатом. Более 50% береговых отходов оказались недоступны сбору ручным способом в силу их габаритов (крупные сети, канаты, фрагменты судов) и значительных скоплений древесного плавника, с которым морской мусор был перемешан. Рассчитанная нами стоимость вывоза отходов, вероятно, не является максимальной: для побережья, расположенного далее на восток, она будет возрастать по мере удаления от транспортных узлов.

Для тестирования рисков термической утилизации отходов проводили оценку воздушных выбросов, связанных с прямым сжиганием морского пластика. Для экспериментального сжигания в бытовой печи

использовали смесь разных видов пластика, собранного на береговой линии Баренцева моря (Кильдинский пролив), содержащую полиэтилен, полипропилен, полистирол, ПЭТ и композитный материал «Тетрапак». Состав воздушных выбросов оценивали стандартными методами в аттестованной лаборатории ООО «РПН-Сфера» (г. Москва, Россия). В составе выбросов были идентифицированы вещества и соединения первого класса опасности (бенз(а)пирены, свинец), второго класса опасности (диоксид азота, гидроцианид, бензол, фенол, дихлорэтан, формальдегид, стирол), третьего класса опасности (диоксид серы, бензальдегид, хлористый водород, ацетальдегид, толуол, метиловый спирт).

Был произведен экономический расчет выбросов согласно принятым протоколам [2, 3]. Расчет показал, что плата за выбросы при сжигании 1 кг пластика по данным, полученным в этом исследовании, в 2023 году составляет 1,54 р. и примерно в 100 раз превышает плату за сжигание углеводородного топлива (бензин, керосин, мазут и пр.). Однако с 2024 года в соответствии с федеральным законом "О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации" плата за выбросы CO₂ в атмосферу значительно увеличится и эти платежи сравняются.

Заключение. С учетом того, что переработке подлежит не более 10% собранного морского пластика, вред, наносимый сжиганием пластиковых отходов на месте в эквиваленте углеродного следа и токсичных выбросов может оказаться сопоставимым с затратами на вывоз и переработку.

В то же время очевидно, что при существующих темпах потребления удаленные территории и морское побережье неизбежно окажутся наиболее уязвимыми с точки зрения накопления пластиковых отходов и сопутствующих расходов по их утилизации. Ключевое условие решения проблемы пластикового загрязнения окружающей среды заключается именно в смене парадигмы: переходе от поиска циклических схем, нереализуемых в условиях удаленных арктических регионов, к внедрению производства материальной продукции с длительным сроком службы и минимализацией количеств используемых для ее упаковки материалов.

Работа выполнена при поддержке Программы развития МГУ, проект № 23-Ш07-44.

Список литературы

1. Авдони́на Н.С. Воздействие прибрежного мусора на биологические ресурсы арктических морей / Н.С. Авдони́на, Н.А. Соболев // Арктика и Север. – 2022. – № 47. – С. 260–267. – DOI: 10.37482/issn2221-2698.2022.47.260
2. Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 N 913 (ред. от 24.01.2020) "О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах"
3. Постановление Правительства РФ от 20.03.2023 N 437 "О применении в 2023 году ставок платы за негативное воздействие на окружающую среду"

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА РОСТОВА-НА-ДОНУ

Климов П.В., канд. биол. наук

¹ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,
г. Ростов-на-Дону, РФ
spu-39@donstu.ru

Современное человечество живет в условиях практически повсеместного загрязнения окружающей среды. Среди социально-экономических условий, уровня и образа жизни, состояния системы медицинской помощи и других факторов, значительное влияние на здоровье населения оказывает загрязнение атмосферного воздуха. Анализ влияния различных средовых факторов показывает, что в пределах 70 % неинфекционных заболеваний в Российской Федерации имплицированы с уровнем и характером загрязнения воздушной среды [2]. При этом, в городах с уровнем загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха оцениваемым как высокий и очень высокий в России проживает около 46% городского населения [1].

Цель исследования состоит в оценке уровня и характера аэрогенного экологического риска для здоровья населения г. Ростова-на-Дону.

Для достижения поставленной цели использовались среднегодовые и максимально разовые концентрации аэрополлютантов полученные на постах наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС» за период с 2017 по 2021 годы [4]. Оценивалось загрязнение трех городских территорий существенно отличающихся по характеру антропогенного воздействия, которые были условно обозначены как районы I, II и III. Каждой территории соответствует стационарный пост наблюдения контрольной сети ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС». Район I занимает часть городского центра с интенсивным автомобильным движением и частыми пробковыми ситуациями. Район II охватывает жилую территорию, попадающую под воздействие промышленной площадки с предприятиями машиностроения и металлообработки. Район III представляет относительно удаленный от источников загрязнения жилые массивы. Определялась кратность превышения среднегодовыми и максимально разовыми концентрациями соответствующих гигиенических нормативов. Для комплексной оценки загрязнения атмосферного воздуха был применен показатель Пинигина «Р». Оценивались риски рефлекторных и хронических эффектов, а также канцерогенный риск [3]

Основным источником загрязнения атмосферного воздуха в Ростове-на-Дону является автотранспорт, вклад которого в суммарные антропогенные выбросы превышает 90%. В центральной части города (район I) среднегодовые концентрации взвешенных веществ варьировали в пределах от 1,97 до 2,76 ПДК, максимальное содержание взвешенных веществ в воздухе достигало 31,3 максимально разовой ПДК. Среднегодовые концентрации такого загрязнителя как диоксид азота составили от 1,35 до 1,93 ПДК, а максимальные концентрации достигали величины 10,25 ПДК. Осредненные за год концентрации формальдегида в районе I составляли от 0,9 до 2,1 соответствующего гигиенического норматива, максимальные достигали значений 35,5 ПДК. Осредненные за год концентрации вредной примеси оксида азота в воздухе района I варьировали в границах от 0,67 до 1,03 ПДК, а максимальное содержание достигало 2,5 соответствующей ПДК. Среднегодовые концентрации примесей диоксида серы, оксида углерода, а также фенола в воздухе района I не превышали нормативных значений, в тоже время как максимальные содержания данных загрязнителей достигали величин 4,62; 2,4; 2,5 максимально разовой ПДК, соответственно.

В атмосферном воздухе района II среднегодовые концентрации взвешенных веществ не выходили за пределы от 0,96 до 1,85 ПДК, в то же время как максимальные концентрации достигали 46,67 кратности соответствующего гигиенического норматива. Среднегодовые концентрации диоксида азота были установлены в пределах от 0,95 до 1,3 кратности ПДК, а максимальные достигали 6,95 ПДК. Среднегодовые концентрации формальдегида в приземном воздухе района II были определены в пределах от 0,7 до 1,0 ПДК, максимальные достигли кратности 14,3 максимально разовой ПДК. Среднегодовые концентрации примесей диоксида серы, оксидов углерода и азота, фенола не превышали ПДК, а максимальное содержание указанных загрязнителей достигало 2,72; 2,73; 7,98; 5,0 кратности максимально разовой ПДК, соответственно.

Среднегодовые концентрации взвешенных веществ в атмосферном воздухе района III составили от 0,81 до 1,46 ПДК, максимально разовые достигали кратности 32 ПДК. Среднегодовые концентрации диоксида азота выявлены в границах от 0,7 до 1,13 ПДК, максимально разовые достигали величин 5,7 ПДК. Среднегодовые концентрации формальдегида установлены в границах от 1,0 до 1,9 ПДК, при этом максимальное содержание формальдегида достигало 10,5 ПДК. Среднегодовые концентрации примесей сернистого газа, оксидов углерода и азота, фенола не превысили гигиенических норм, в то же время как максимально разовые достигали 1,1; 2,6; 9,3; 8,7 кратности ПДК, соответственно.

Показатель Р, установленный по осредненным за год концентрациям в воздухе района I составил 6,4, что находится в границах опасного загрязнения. Показатель Р выявленный в районе II составил 2,3, районе III –

2,4, что соответствует загрязнению, вызывающему опасение для здоровья. Показатель R , выявленный по максимальному содержанию представляющих опасность веществ, в атмосферном воздухе района I составил 30,7; района II – 24,5, района III – 18,2, что соответствует вызывающему опасение загрязнению атмосферного воздуха. Оценка риска рефлекторных эффектов в атмосферном воздухе района I составила (в долях единицы) 0,618, района II – 0,655, района III – 0,309. Во всех трех анализируемых районах суммарный риск рефлекторных эффектов обусловлен воздействием на население взвешенных веществ. Значения риска хронической интоксикации составила в районе I 0,253, районе II – 0,166, районе III – 0,165. Наибольший вклад в риск хронической интоксикации в районах I и II вносят взвешенные вещества. В районе I вклад взвешенных веществ достигает 32,45 %, районе II – 33,88 %. В районе III наибольший вклад в риск хронической интоксикации вносит формальдегид 23,34 %. Канцерогенный риск в районе I составил 0,000269, районе II – 0,000190, районе III – 0,00244. Вклад формальдегида в канцерогенный риск в зависимости от анализируемого района составляет от 58,05 % до 72,20 %. На втором месте по вкладу в канцерогенный риск находится хром, вклад которого в зависимости от анализируемого района составляет от 26,76 % до 40,0 %.

Таким образом, при сохранении существующих тенденций, уровень и характер загрязнения приземного слоя воздуха г. Ростова-на-Дону находится в пределах, представляющих опасность для здоровья населения. Наиболее высокие уровни аэрогенного экологического риска были получены для центральной части города с интенсивным автомобильным движением.

Список литературы

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2021 году. Государственный доклад [Электронный ресурс] /Минприроды России. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii_v_2021_/(дата обращения 20.04.2023).
2. Рахманин, А.Ю. Окружающая среда и здоровье: приоритеты профилактической медицины / А.Ю. Рахманин, Р.И. Михайлова // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93, № 5. – С. 5 – 10.
3. Щербо, А. П. Оценка риска от воздействия факторов окружающей среды на здоровье: практикум / А. П. Щербо, А.В. Киселев. – СПб.: СПбМАПО, 2005. – 92 с. – ISBN 5-98408-039-7.
4. Экологический вестник Дона [Электронный ресурс]/Минприроды РО. URL: <https://xn--d1ahaoghbejbc5k.xn--p1ai/projects/current/19/> (дата обращения 20.04.2023).

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ГАЛИТОВЫХ ОТХОДОВ НА ВЫВЕДЕННЫХ ИЗ СЕЛЬХОЗОБОРОТА ЗЕМЛЯХ

Кологривко А.А., канд. техн. наук, доц., *Кузьмич В.А.*,

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь
kuzmich.v@bntu.by

Введение. Сельскохозяйственные земли вблизи рудоуправлений одного из крупнейших производителей минеральных удобрений ОАО «Беларуськалий» подвержены антропогенному воздействию ввиду системного складирования галитовых и шламовых отходов обогащения калийных руд.

При увеличении производственных мощностей рудоуправлений растут объемы галитовых отходов обогащения калийных руд. Возрастает потребность в их размещении (складировании) на новых площадях. Здесь, под новыми площадями, могут рационально выступать территории отработанных шламохранилищ, которые уже выведены из сельхозоборота. Локализовав на этих территориях галитовые отходы, объективно сохраняем сельскохозяйственные угодья.

В настоящее время актуальным объектом в условиях работы ОАО «Беларуськалий» для реализации изложенного, является складирование галитовых отходов на первом рудоуправлении (1РУ). В ближайшие годы применяемой технологией в части размещения галитовых отходов в существующий солеотвал справиться станет невозможно (рисунок 1). Анализ маркшейдерского плана территории отработанного шламохранилища №3 (рисунок 2), показывает возможность использования площадей, выведенных из сельхозоборота [1, 2].

Многолетний опыт исследований и промышленная реализация размещения отходов в условиях ОАО «Беларуськалий» позволяют считать возможной реализацию технологии складирования галитовых отходов в условиях 1РУ на отработанное шламохранилище №3, представленного слабым основанием, сложенным шламовыми грунтами.

Цель работы – исследование физико-механических свойств шламового основания.

Основная часть. Шламохранилище №3 построено за счет ограждающей дамбы из грунта, вынутаго с ложа. Введено в эксплуатацию в 1975 г. Через 4 года шламохранилище реконструировано за счет повышения отметки гребня дамб [2]. Анализ данных позволяет считать, что шламохранилище №3 заполнено шламовыми грунтами, кроме узкой придамбовой рассольной зоны.



Рис. 1. Вид на солеотвал 1РУ ОАО «Беларуськалий» с дамбы шламохранилища

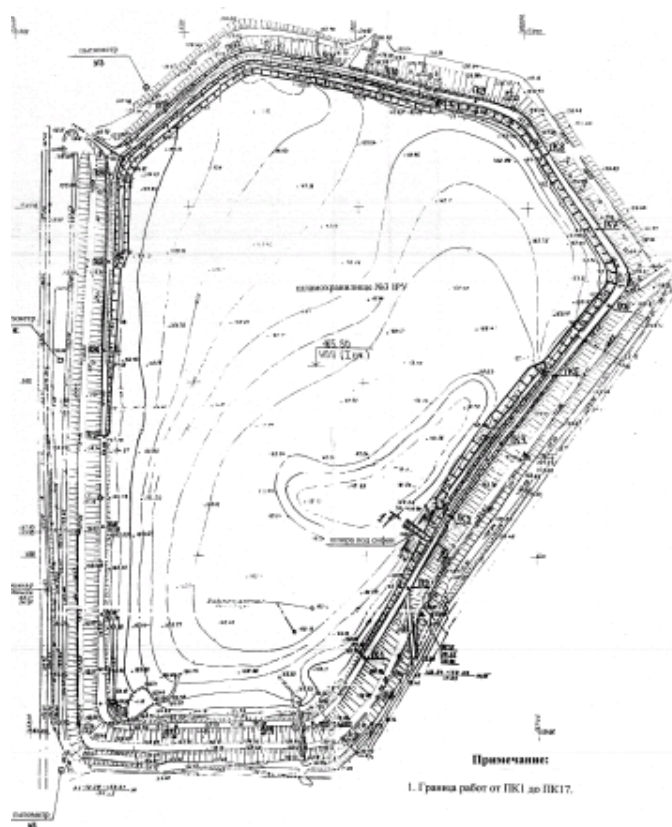


Рис. 2. Маркшейдерский план отработанного шламохранилища №3 ОАО «Беларуськалий»

Анализ физико-механических свойств шламов проведен по результатам опробования разведочных скважин в горно-геологической информационной системе Micromine Origin&Beyond [3-5].

В ГГИС Micromine загружен файл .CAD маркшейдерской съемки, заданы высотные отметки контурам шламохранилища, создан каркас шламохранилища. На основе данных исследовательских скважин создана блочная модель шламовых грунтов. Проведен анализ распределения показателей физико-механических свойств шламовых грунтов [4, 5].

Заключение. Построенная модель шламовых грунтов отработанного шламохранилища №3 позволяет прогнозировать их поведение. Проведенный анализ физико-механических свойств шламовых грунтов в ГГИС Micromine позволяет заключить, что основание шламохранилища является слабым, но по прочностным характеристикам достаточным для дальнейшего складирования на него галитовых отходов обогащения как сухой отсыпкой, так и гидронамывом.

Складирование галитовых отходов в условиях 1РУ на отработанное шламохранилище №3 обеспечивает бесперебойную работу рудоуправления до 20 лет с объемом складирования не менее 200 млн т.

Локализация галитовых отходов на территории отработанного шламохранилища №3 1РУ ОАО «Беларускалий», площади которого выведены из сельскохозяйственного оборота, снижает геоэкологическую нагрузку в районе работы рудоуправления.

Список литературы

1. Рекомендации по мерам охраны отработанного шламохранилища №3 1РУ ПО «Белорускалий» в условиях подработки. Исходные данные для проектирования / БФ ВНИИГалургии; рук. темы и отв. исполн.: Ильин В.П. – Мн., 1986. – 104 с.
2. Отчет об изыскательских работах на шламохранилище № 3 1РУ ПО «Белорускалий». Л, ВНИИГ, 1985 г.
3. Федотов Г.С., Курцев Б.В., Янбеков А.М. и др. Создание блочной геомеханической модели района Северомуйского тоннеля в ГГИС Micromine Origin&Beyond // Горный журнал. – 2023. – №1. – С. 64-68.
4. Кологривко, А.А. Исследование и учет физико-механических и водно-физических свойств шламовых грунтов отработанного шламохранилища / А.А. Кологривко, В.А. Кузьмич // Горная механика и машиностроение. – 2023. – №3. – С. 28-35.
5. Журавков, М.А. Создание блочной геомеханической модели отработанного шламохранилища в горно-геологической информационной системе Micromine Origin & Beyond / М.А. Журавков, А.А. Кологривко, В.А. Кузьмич, М.А. Николайчик // Горная механика и машиностроение. – 2023. – №1. – С. 13–22.

APV-РЕШЕНИЕ «ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ» ПРОБЛЕМЫ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Коркишко В.В.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
v.korkishko@donnu.ru

Введение. С каждым годом потребность человечества в электроэнергии нарастает все сильнее. В целях уменьшения наносимого окружающей среде вреда, энергетическая промышленность стремится отойти от классических теплоэлектростанций и перейти к возобновляемым источникам электроэнергии (ВИЭ), в частности к солнечным электростанциям. Они кажутся наиболее выгодными, ведь недостатка в солнечной энергии человечество не испытывает, но достоинства солнечных электростанций (СЭС) едва перекрываются проблемами, связанными с их эксплуатацией.

Основная часть. Одной из таких сложностей является необходимость выделения для СЭС огромных площадей достаточно ровной, не горной территории в не слишком удаленных от цивилизации районах. То есть тех самых территорий, которые во многих странах используются под сельское хозяйство.

К примеру, в 2020 году вышла на полную проектную мощность Старомарьевская СЭС [1], расположенная в Ставропольском крае. Общая мощность составила 100 МВт, что позволило ей войти в ТОП-5 крупнейших российских СЭС. Под станцию, которая способна обеспечить электроэнергией около 70 000 частных домовладений, была выделена территория порядка 280 гектар земли (400 футбольных полей).

Солнечная энергетика в РФ только развивается [2], чему способствовало создание в 2018 так называемого «Совета рынка» ВИЭ, гарантирующего возврат вложений при возведении станций определенного типа. Поэтому отечественные крупнейшие СЭС несравнимы по размерам с самыми мощными мировыми СЭС.

Солнечный парк имени Мохаммеда бин Рашида Аль Мактума является одним из крупнейших мировых проектов в области солнечной энергетики [3]. К 1 сентября 2023 года введена в эксплуатацию 4 фаза из 7 запланированных, что дает общую мощность станции более 2 ГВт. К 2030 году в нем будет производиться более 5 ГВт электроэнергии с площадью территории около 7700 га (10800 футбольных полей).

Для сравнения: общая площадь пахотных земель в Ставропольском крае составляет около 5800 га. Значит, нужно выбирать, что важнее: урожай или электроэнергия? Нет, решение есть. Точнее, разрабатывается.

На данный момент нет общепринятого термина для совместного обозначения сельского хозяйства и производства солнечной энергии. Чаще всего используют выражение «APV-энергетика» (от англ. «agrophotovoltaics» – агрофотогальваника) или агроэнергетика. Нужно понимать, что речь идет об органичном совмещении обоих видов производства на одной площади, а не о банальной солнечной батарее на крыше курятника. Идеал агроэнергетики – это поля под «крышей» из солнечных батарей (рис.).

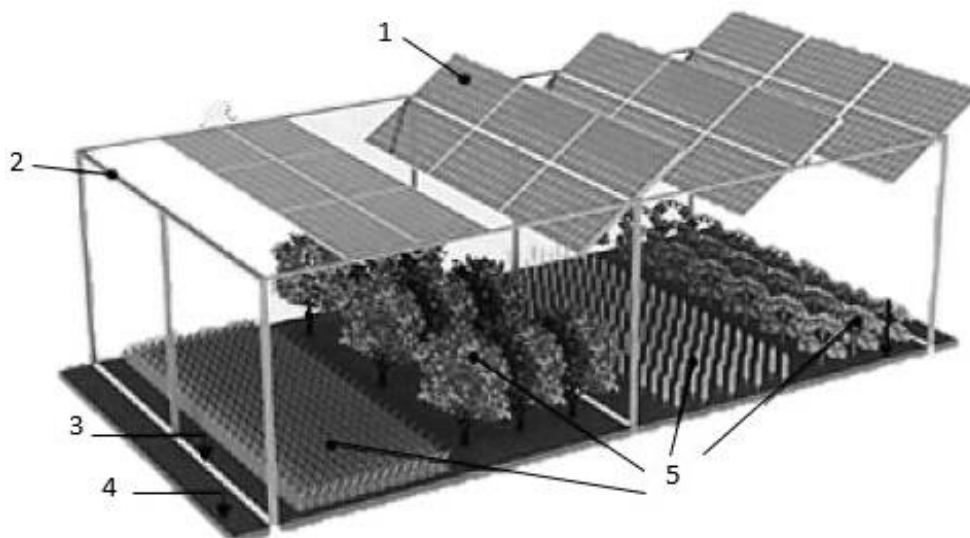


Рис. Возможная схема APV-хозяйства: 1 – солнечные батареи, 2 – поддерживающий каркас, 3 – невозделываемая земля, 4 – возделываемая земля, 5 – урожай.

При подобной конструкции (как на рис.) солнечные батареи будут создавать тень для тех растений, которые высажены под ними. В условиях глобального потепления многие сорта плодовых культур, которые раньше считались жароустойчивыми, сейчас выгорают на ярком солнце. Кроме того, ягодные кустарники такие как малина и черная смородина также предпочитают более тенистые участки. Таким образом, возникающее затенение будет считаться не проблемой, а преимуществом.

Ученые из Аризонского университета [4] в поисках лучших культур для APV-энергетики проводят исследования на участке земли в Тусоне, который принадлежит учебному заведению. Климат там очень солнечный и сухой, поэтому обычные фермерские культуры этого региона – это перец и помидор. Именно их использовали на первом этапе эксперимента: дикий острый перец чилтепин (тенелюбивый), овощной перец халапеньо (солнцелюбивый) и томат-сливка.

Для эксперимента было построено три испытательных комплекса-рядки: 1. Только растения, без поддерживающих опор и панелей. 2. Солнечные панели на стандартной высоте (менее 1 м).

3. Сельскохозяйственные культуры под солнечными батареями, установленными на высоте 3 м.

Результаты эксперимента показали ожидаемое снижение уровня испарения влаги на грядке № 3 за счет тени, отбрасываемой солнечными батареями. Кроме того, тень привела к снижению температуры почвы на несколько градусов днем, а изменение вертикальной циркуляции воздуха повлекло за собой более медленное остывание почвы ночью. Таким образом, температура почвы в прикорневой зоне растений стала более стабильной, что в свою очередь снизило риск вирусных и бактериальных заболеваний.

При практически одинаковой урожайности халапеньо с грядки № 3 потребляли на 65 % меньше воды, чем на другой. Такое же уменьшение потребления воды показали и остальные культуры на этой грядке. При этом перец чилтепин рос гораздо активнее, и его итоговый урожай был почти в 3 раза выше, чем на грядке № 1. А урожай помидоров был получен в 2 раза больше, показав незначительное уменьшение уровня сахаристости плодов.

Что касается собственно выработки солнечной энергии, то сравнение показателей с грядок № 2 и № 3 показало интересный эффект в виде увеличения генерации энергии на грядке № 3 примерно на 3 %. Ученые считают, что к этому привело повышение КПД из-за снижения температуры фотогальванических конструкций за счет пониженной температуры почвы и воздуха над растениями, т.е. под самими фотоэлементами.

Заключение. Таким образом, для южных регионов использование APV-энергетики является не только способом повысить экономическую выгодность предприятия, но и улучшить качество и расширить ассортимент выращиваемой сельскохозяйственной продукции.

Список литературы

1. Крупнейшая солнечная электростанция в РФ вышла на полную мощность на Ставрополье // Информационное агентство ТАСС: статья, 01.04.2020. <https://tass.ru/ekonomika/8134809?ysclid=lmubzqrl2660025072> (дата обращения: 18.09.2023)
2. Дегтярёв К. С. Развитие и реализованные проекты солнечной энергетики в России / К. С. Дегтярёв, В. А. Панченко. – Текст : электронный // СОК. – 2019. – № 9. – С. 74-79. – URL: Источник: <https://www.c-o-k.ru/articles/razvitie-i-realizovannye-proekty-solnechnoy-energetiki-v-rossii> (дата обращения: 18.09.2023).
3. Mohammed bin Rashid Al Maktoum Solar Park // Innovation Centre. Government of Dubai: сайт. 2023. URL: <https://www.mbrsic.ae/en/about/mohammed-bin-rashid-al-maktoum-solar-park> (дата обращения: 18.09.2023).
4. Barron-Gafford, G.A. Agrivoltaics provide mutual benefits across the food-energy-water nexus in drylands / Gafford, G.A., Pavao-Zuckerman, M.A., Minor, R.L. et al. – Текст : электронный // Nat Sustain. – 2019. – № 2. – С. 848-855. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5> (дата обращения: 18.09.2023).

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В СФЕРЕ ОЧИСТКИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Маркин В.В., канд. техн. наук, *Корытченко Ю.В.*

ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Донецк, РФ
v.v.markin@donnasa.ru

Введение. В 2022 г. Донецкая Народная Республика вошла в состав Российской Федерации и в настоящее время происходит ее интеграция в правовое поле РФ. Перейти на Российские стандарты необходимо в том числе и в сфере очистки городских сточных вод (ГСВ). До 2026 г. водоканалы должны разработать новые разрешительные документы, нормирующие их воздействие на окружающую среду, что поставит перед городскими канализационными очистными сооружениями (ГКОС) достаточно высокие требования к качеству очистки стоков и обработке осадков.

Цель данной работы – проанализировать существующее состояние ГКОС ДНР, их технические возможности по обеспечению требований к качеству очистки стоков в РФ, выявить основные проблемы в данной отрасли и определить пути их решения.

Основная часть. Главная задача ГКОС – обеспечение требуемого качества очистки СВ. В России применяются два способа нормирования качества очистки стоков: технологическое нормирование, основанное на показателях наилучших доступных технологий (НДТ), и нормирование на основе расчета нормативно-допустимого сброса загрязняющих веществ в водоемы. В обоих случаях необходимо обеспечивать достаточно высокую степень очистки СВ от соединений азота (N) и фосфора (P), на которую совершенно не рассчитаны существующие ГКОС ДНР.

Авторами работы проанализировано качество исходных ГСВ, а также технические параметры и состояние 22 ГКОС ДНР с фактической среднесуточной производительностью ($Q_{\text{ср.сут}}$) от 450 до 25 000 м³/сут. Проведены технологические расчеты, в результате которых установлено, что объем емкостных сооружений (прежде всего аэротенков) позволяет реконструировать ГКОС с применением НДТ удаления N и P. Такая возможность имеется в связи со значительной недогрузкой ГКОС. НДТ для расчетов были выбраны по справочнику [1]. Технологические расчеты необходимых объемов аэротенков выполнены по методике [2]. Для очистных сооружений с $Q_{\text{ср.сут}}$ до 5000 м³/сут по рекомендациям [1;2] было предусмотрено биологическое удаление N с предшествующей денитрификацией и химическое удаление P, а для ГКОС с $Q_{\text{ср.сут}}$ более

5000 м³/сут – биологическое удаление N по технологиям А²/O, МУСТ или МЛНВ и биолого-химическое удаление P.

В результате расчетов также установлено, что в исследованных ГСВ соотношение БПК₅ к N общему составляет от 2,8 до 5,9, (в среднем 4,5). В источнике [2] в качестве критического неблагоприятного значения БПК₅/N_{общ} указывается 3-3,5. Таким образом ГСВ Республики в целом обладают достаточным денитрификационным потенциалом. Но все же на некоторых ГКОС по результатам расчетов даже при отказе от первичного отстаивания количество органики оказалось недостаточным для удаления нитратов до нормативных требований (ГКОС городов: Волноваха, Докучаевск, Красный Лиман, Новоазовск и Селидово). На этих ГКОС для обеспечения нормативной очистки от нитратов потребуется введение внешнего источника органики, в качестве которого целесообразно использовать доступные органосодержащие отходы с низкой концентрацией азота (например, молочная и сырная сыворотка, патока и др.).

Проведенными расчетами также определено, что количества органических веществ в исходных стоках на всех 22 проанализированных ГКОС недостаточно (даже при отказе от первичного отстаивания) для нормативного удаления P биологическим способом.

Вероятно, недостаток органики для улучшенного биологического удаления P является характерной чертой для подавляющего большинства ГСВ ДНР. Соответственно, актуальным является поиск и использование доступных и дешевых органосодержащих отходов для биологического удаления P и(или) применение технологий, способствующих повышению концентрации летучих жирных кислот в стоках. Например, на ГКОС г. Кириши была разработана и успешно применена интенсификация ацидофикации взвешенных веществ исходных ГСВ в первичных отстойниках, переоборудованных в ацидофикаторы, что позволило достичь биологического удаления P практически до нуля [3].

Вторая по важности проблема ГКОС ДНР – обработка и утилизация образующихся осадков, главным образом сырого осадка и избыточного активного ила, общее количество которых укрупненно оценивается в 0,5-1% от объема очищаемых стоков. В настоящее время на ГКОС ДНР осадки обрабатываются только путем их обезвоживания на иловых площадках. При этом какое-либо официально оформленное использование обезвоженных осадков отсутствует, из-за чего площадки уже длительное время являются местами их хранения. Загрязненность патогенами и анаэробные процессы разложения органики, протекающие в осадках, делают иловые площадки источниками загрязнения. При реконструкции очистных станций потребуется предусмотреть сооружения по обработке осадков в зависимости от выбранного метода их утилизации (поскольку осадки относятся к крупнотоннажным отходам и имеют различные ценные свойства, то должна быть предусмотрена их утилизация).

На современных очистных сооружениях, где происходит полный цикл обработки осадков, затраты на эти процессы примерно равны затратам на очистку стоков. Такой путь предстоит «пройти» и ГКОС ДНР. В соответствии с нормативными требованиями осадки должны быть подвергнуты, как минимум, обезвоживанию до влажности не более 82%, для чего при $Q_{\text{ср.сут}}$ от 4000 м³/сут должно быть использовано механическое обезвоживание. На меньших ГКОС обезвоживание допускается осуществлять на иловых площадках. Кроме того, на очистных станциях с $Q_{\text{ср.сут}}$ от 10000 м³/сут осадки также обязательно должны быть подвергнуты стабилизации. Приоритетным методом стабилизации является анаэробное сбраживание в метантенках, которое позволяет получать тепловую и электрическую энергию и покрывать до 50 % потребности ГКОС в энергии. Остальные способы обработки осадков подбираются опционально под выбранный метод утилизации. Одним из наиболее выгодных является применение осадков в качестве органических удобрений или почвогрунтов. В этом случае также необходимо провести их обеззараживание, для чего может быть использовано термофильное сбраживание, биотермическое компостирование, вермикомпостирование, прогревание до 60°С (например, инфракрасным излучением), сушка и др.

На третьем месте необходимо отметить вопросы повышения ресурсосбережения ГКОС. Безусловно технологии, рекомендованные выше для реконструкции ГКОС, соответствуют НДТ, а значит уже отвечают требованиям ресурсосбережения. Однако, существуют дополнительные технологии, позволяющие повысить этот показатель. Например, устройство очистки возвратных потоков от N в биореакторах АНАММОХ и извлечение N и P в виде струвита, являющегося готовым азотно-фосфатным удобрением. Технологии подобного рода пока что не используются даже на передовых ГКОС России, но применяются за рубежом и существенно повышают экономические показатели очистных станций, а значит можно ожидать их постепенного внедрения и в нашей стране, и в том числе в ДНР.

Список литературы

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов (ИТС 10–2019). – Москва: Бюро НДТ. – 2019. – 434 с.
2. Данилович, Д. А. Расчет и технологическое проектирование сооружений биологической очистки городских сточных вод в аэротенках с удалением азота и фосфора / Д. А. Данилович, А. Н. Эпов. – Москва, 2020. – 225 с.
3. Данилович, Д. А. Биологическое удаление фосфора практически до нуля: отечественный опыт / Д. А. Данилович // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2017. – № 2. – С. 22-27.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА МАССОВОЙ РЕНОВАЦИИ ИЗНОШЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Намаконов Б.В., канд. техн. наук, доц.
Автомобильно-дорожный институт ФГБОУ ВО «Донецкий национальный
технический университет», г. Горловка. РФ
bnamakonov@mail.ru

Введение. Экологическое состояние планеты Земля настолько близко к катастрофическому, что новизна, прогрессивность, наукоёмкость, технико-экономические и другие показатели всех сфер деятельности человека приоритетно должны руководствоваться экологическими критериями.

Цель работы – показать реальный путь значительного снижения загрязнений окружающей среды и общей экологической напряженности планеты реновацией отработанной промышленной продукции.

Основная часть. Известно, что первопричиной нынешних экологических последствий является материалоёмкость изделий. Она обуславливает объём добычи и переработки природных ресурсов, которые полезно используются всего на 1,5—2,0% [1]. Только при производстве металлов загрязнений окружающей среды получается в 100...150 раз больше их веса (рис.1). Последующая обработка материалов ещё более увеличивает этот показатель.



Рис. 1

До 85 % земных ресурсов потребляют стационарные промышленные предприятия, которые и являются основным источником загрязнения окружающей среды, на их долю приходится свыше 90% всех загрязнений, которые примерно в равных соотношениях дает горнодобывающая, металлургическая, химическая промышленности и производство электроэнергии.

Для кардинального снижения экологической напряженности на планете необходимо многократно уменьшить материалоемкость и энергоёмкость продукции. Однако это невозможно, т. к. в обозримом будущем человечество не сможет отказаться от первичных природных ресурсов, переработка которых теоретически предопределяет значительное количество отходов. Так называемые «экологически чистые» технологии тоже требуют природных ресурсов и решают только некоторые локальные вопросы экологической чистоты какого-либо производства. Современное традиционное производство даже теоретически упирается в «экологический тупик».

Многочисленные исследования и огромный производственный опыт показывают, что многократное снижение расхода первичных материалов, энергии а, следовательно, и снижение загрязнений окружающей среды обеспечивает **реновация технических изделий**, отслуживших свой первый регламентный цикл [2]. Весовой износ, в результате которого изделие, например, автомобиль не пригоден к дальнейшей эффективной эксплуатации, не превышает 0,5 %, а по деталям прецизионной группы эта величина составляет менее 0,1 %. Как видно, после завершения первого регламентного цикла 99 % затраченных на изготовление объекта производства природных, трудовых, материальных и других ресурсов остаются неиспользованными, безвозвратно теряются и частично утилизируются.

Для компенсации износа при восстановлении изношенных изделий первичного материала требуется меньше в 10–100 раз по сравнению с новой деталью. Следовательно, также в 10–100 раз снижается потребление первичных ресурсов Земли и уменьшается загрязнение окружающей среды (рис. 2).

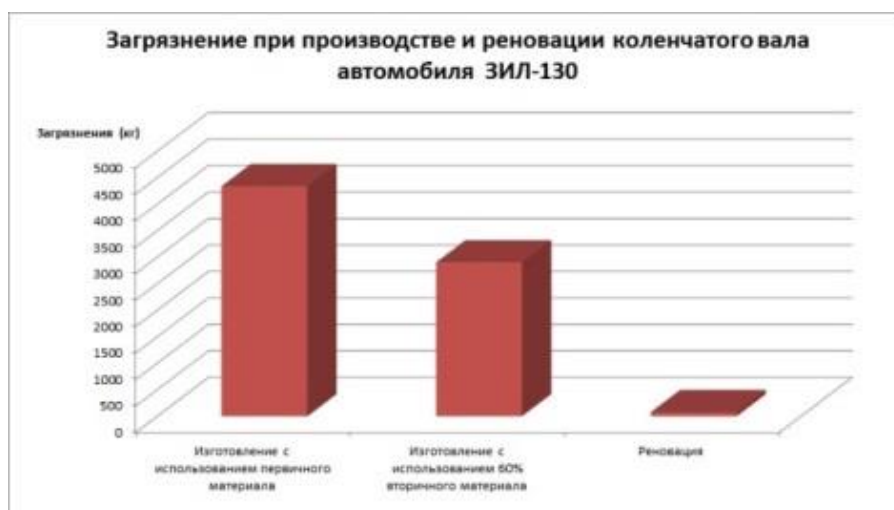


Рис. 2

Современные способы восстановления деталей позволяют обеспечить первоначальные и даже более высокие их параметры с себестоимостью не более 30–40 % от новых, изготовленных из первичных ресурсов.

Утилизация этой группы деталей как металлолома приводит к потере до 60% материала и сокращает выбросы всего только на 50-60%.

Реновационное производство на сегодня является самым экологически чистым и позволяет многократно снизить загрязнение окружающей среды при вторичном производстве отработанных изделий. Оно не требует значительных инвестиций, так как практически не отличается от существующего промышленного производства, которое в настоящее время загружено не более чем на 60 % от своей мощности. Это самое экологически чистое производство, которому сегодня нет другой альтернативы. Массовая реновация изделий – это важнейший путь решения многих экологических проблем планеты, в том числе и кругооборота невозобновляемых ресурсов.

В этом плане особое внимание стоит обратить на огромный экологический вред, который приносят изделия однократного использования. К категории «одноразовых» приближается сложная бытовая техника, некоторые промышленные изделия и даже автомобили. Производителям по известной причине такая продукция выгодна, они сознательно закладывают в конструкции изделий меньший ресурс и невозможность её реновации. «Одноразовое» мышление ориентирует производителей на интенсивное потребление первичных природных ресурсов, чем наносится значительный и непоправимый ущерб окружающей среде. Поэтому их номенклатура должна быть ограничена жесткими стимулирующими и карающими государственными актами.

Заключение. Ежегодно в мире выводится из оборота (списывается) по причине весового износа деталей машин не более чем на 0,1...0,5 % свыше 10 % сложных технических изделий. Общие загрязнения окружающей среды, полученные при изготовлении этих изделий, превышают их вес в 100...150 раз. Реновация отработанных изделий взамен изготовления таких же новых позволяет:

1. Сохранить свыше 95 % ранее затраченных на них энергетических, трудовых, материальных и невозобновляемых природных ресурсов;
2. Более чем в 2 раза увеличить срок службы изделий при сохранении их номинальных параметров;
3. Учитывая ежегодное списание свыше 10 % от выпуска различных сложных технических изделий (автомобилей – до 20 %, одноразовых – 100 %), массовая реновация позволит сократить более чем на 10 % мировую добычу природных невозобновляемых ресурсов и ещё более снизить общее загрязнение окружающей среды.

Высокая экологическая и технико-экономическая эффективность реновации настолько очевидна и актуальна, что она заслуживает приоритетной разработки Государственной и Международной ресурсосберегающей программы реновации технических изделий в плане комплексного освоения и сохранения недр Земли.

Список литературы

1. Канило П.М., Бейс И.С., Ровенский А.И. Автомобиль и окружающая среда. – Харьков: Прапор, 2000. – 303с.
2. Намаконов Б. Экологичность промышленной реновации изделий. Международный издательский дом LAP – Lambert Academic Publishing, ISBN: 978-3-659-16058-5, 2012. – 73 с.

УДК 504.06

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ УТИЛЬНЫХ СВИНЦОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Рипная М.М., Сердюк А.И., д-р хим. наук, проф.,
ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
г. Донецк, РФ
yalalova-rita@mail.ru

Введение. Автомобильные свинцово-кислотные аккумуляторы очень распространены во всех странах мира. Так как они значительно дешевле, чем остальные известные аккумуляторы, то будут в ходу еще длительное время. Ими пользуется каждый, кто когда-либо владел автомобилем. На сегодняшний день количество отработанных автомобильных аккумуляторных батарей огромное, не исключением является и Донецкая Народная Республика. В аккумуляторах содержатся тяжелые металлы, кислоты, которые, попадая в окружающую среду, наносят ей значительный урон. Утилизация таких опасных отходов – одна из важнейших задач управления экологической безопасностью городов.

Около 12 % всего выплавляемого свинца подвергается электролитическому рафинированию [1]. Недостатком электрохимического метода переработки аккумуляторов являются выбросы вредных веществ в воздух с поверхности электролитов.

В настоящее время электрорафинирование свинца в промышленных масштабах производится в растворах кремний- и борфтористоводородных кислот.

Следует отметить, что рабочей температурой для кремнийфтористоводородного электролита является 25 °С [2]. При более высоких температурах кремнийфтористоводородная кислота разлагается с выделением в атмосферу газообразных соединений фтора. Борфтористоводородный электролит может использоваться в гальванических процессах при температурах 40 – 45 °С.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ), входящие в состав борфтористоводородного электролита повышают технологические параметры вновь образованного свинцового покрытия, улучшая микроструктуру

поверхностного слоя. Наличие в растворах электролитов ПАВ приводит к снижению их поверхностного натяжения, что может оказывать влияние на выбросы фторидов с зеркала электролита.

В статье [3] изучалась зависимость интенсивности выделения газа и вредных газообразных продуктов от приложенной плотности тока 163 А/м^2 , 498 А/м^2 и 906 А/м^2 . Оптимальным с точки зрения скорости процесса и выделения выбросов авторы считают борфтористоводородный электролит следующего состава, г/л: $\text{Pb}(\text{BF}_4)_2 - 30$, $\text{HBF}_4 - 180$, $\text{H}_3\text{BO}_3 - 30$, ПАВ – 1. Максимальная рабочая плотность тока составляла 400 А/м^2 .

Основная часть. В исследовании использовали утвержденные методики измерения концентрации свинца и фторидов [4,5].

Для исследования использовался электролит определенного состава с добавлением ПАВ – сульфитно-спиртовую барду (ССБ) в различных концентрациях (0-1 г/л). Рабочая катодная плотность тока составляла 0,8 от максимально допустимой. При концентрации ССБ равной 1г/л наблюдается наименьшее значение поверхностного натяжения.

Известно, что повышение температуры водных растворов снижает их поверхностное натяжение. В связи с этим изучили влияние температуры ($20-45^\circ\text{C}$) на поверхностное натяжение (σ) данного электролита на границе с воздухом, а также определили абсолютные и удельные выбросы фторидов и свинца с зеркала борфтористоводородного электролита, рабочую допустимую плотность тока и скорость осаждения свинца на катоде (табл.).

Таблица

Абсолютные и удельные выбросы фторидов и соединений свинца с поверхности электролита, рабочая допустимая плотность тока (Дк), скорость осаждения свинца на катоде и поверхностное натяжение (σ) в зависимости от температуры электролита

Температура, $^\circ\text{C}$	Поверхностное натяжение на границе раствор – воздух, мН/м	Абсолютные выбросы фторидов, г/(час·м ²)	Абсолютные выбросы свинца г/(час·м ²)	Рабочая допустимая плотность тока, А/м ²	Скорость осаждения свинца на катоде, кг/(м ² ·час)	Удельные выбросы фторидов, г/(час·м ²)	Удельные выбросы свинца г/(час·м ²)
20	45,1	3,70	0,0086	311	1,13	2,75	0,0028
25	44,8	4,06	0,01	320	1,19	3,27	0,004
30	44,2	5,80	0,014	348	1,28	4,35	0,005
35	43,7	7,15	0,017	360	1,35	5,05	0,007
40	43,0	8,08	0,02	400	1,39	5,81	0,01
45	42,5	8,30	0,023	410	1,40	6,40	0,012

Исходя из данных таблицы, наблюдается более сильный рост Дк (в 10 раз) по мере уменьшения поверхностного натяжения на границе раствор – воздух при увеличении температуры раствора по сравнению с ростом с увеличением концентрации ССБ. Такое увеличение можно объяснить ростом рассеивающей способности электролита с повышением температуры раствора.

С ростом температуры электролита наблюдается рост выбросов фторидов и свинца по мере уменьшения поверхностного натяжения на границе раствор – воздух.

Представили табличные данные в виде графика зависимости выбросов фторидов и свинца от величины поверхностного натяжения при изменении температуры от 20 до 45°C.

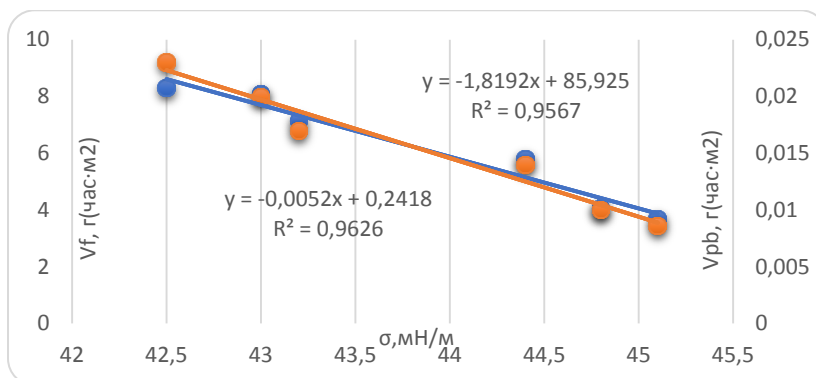


Рис. Изменение выбросов фторидов ($y = -1,8192x + 85,925$) и свинца ($y = -0,0052x + 0,2418$) от величины поверхностного натяжения (σ)

Наблюдаемые хорошие корреляции между величиной выбросом и поверхностным натяжением ($R^2 = 0,9626$ (выбросы свинца) и $R^2 = 0,9567$ (выбросы фторидов) дает основание предполагать, что при одинаковой температуре электролита, влияние природы и концентрации ПАВ в электролите на Дк, можно объяснить изменением поверхностного натяжения на границе раствор – воздух и раствор – твердое тело (свинцовая пластина).

Заключение. При разных температурах, в основном, изменение Дк можно объяснить ростом рассеивающей способности электролита на границе раздела раствор – твердое тело (свинцовая пластина) за счет увеличения температуры электролита.

Список литературы

1. Спектор О. В., Марченко Н. В. Рафинирование черного свинца: учеб. пособие. – Красноярск: ГУЦМиЗ, 2006. – 104 с.
2. Артемов А.В. Физическая химия: Учебник / А.В. Артемов. – М.: Академия, 2018. – 288 с.
3. Назарова В. В. Исследование интенсивности выделения газа на электродах и выделения фторидов при переработке свинцово-кислотных аккумуляторов с целью определения безопасных параметров процесса / В. В. Назарова, А. В. Дмитриевич // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – Макеевка, 2011. – С. 45-51.
4. ПНД Ф 13.1.45-03. Методика выполнения измерений массовой концентрации фтористого водорода в пробах промышленных выбросов фотометрическим методом. Введ. 22.12.2003. – М.: ФГУ «ФЦАМ МПР России», 2003. – 18 с.
5. МУ 2013-79 Методические указания на фотометрическое определение свинца и его соединений в воздухе. – М.: Минздрав СССР, 1979. – 25 с.

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПСИХОАКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ШУМА НА ЧЕЛОВЕКА

Стенура Д.В., Миргородская Ю.В.

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, РФ
stepura.dv@students.dvfu.ru

Введение. В нашей повседневной жизни мы окружены звуками: разговорами, музыкой и шумами, которые способны оказывать влияние, в том числе и негативное даже при соблюдении санитарных норм. Это связано с тем, что при оценке звука кроме акустических характеристик имеют большое значение эстетические и когнитивные эффекты, оказываемые шумом и речью.

Цель доклада – показать актуальность использования психоакустических признаков звуковых сигналов при оценке негативного влияния шума на человека, учитывая не только уровень интенсивности, но иные особые параметры.

Основная часть. Звуковые колебания могут вызвать различные физиологические изменения в организме человека, которые могут иметь как положительные, так и отрицательные последствия для его здоровья и настроения [4]. Однако чаще всего оказывается негативное воздействие на человека, которое проявляется в виде раздражающего шума или короткой, но частой серии звуковых всплесков.

Негативные последствия такого воздействия могут отразиться на различных уровнях: физическом (повышенное артериальное давление, учащенный пульс, ощущение дискомфорта в ушах или появление головной боли) [2], эмоциональном (чувство тревоги, раздражения, стресса, депрессии и усталости), умственном (нарушение концентрации, ухудшение работоспособности) и социальном (невозможность голосовой связи, помехи в общении). Постоянное наличие шума может вызывать у людей сильное напряжение, что может приводить к необдуманным решениям и действиям, иногда имеющим катастрофические последствия [4].

Определение шумовой раздражительности является ключевым для понимания, какие звуки могут вызывать дискомфорт и оказывать влияние на здоровье и благополучие людей. Подобные определения могут быть полезны в разработке городской инфраструктуры, чтобы избегать создания шумных сред, которые могут нанести вред здоровью людей.

Возможность классификации звуков и шумов по степени их раздражительности имеет важное значение не только для сохранения здоровья людей, но также для поддержания благоприятной экологической среды, поскольку многие шумы, создаваемые человеком, могут негативно влиять на животных и растения, приводя к неблагоприятным изменениям.

Обычно уровень негативного воздействия шума оценивается только на основе его громкости [1], однако это может быть недостаточно для полного понимания его негативного влияния. Существует множество иных факторов, которые влияют на определение качества звука и его воздействие на человека.

Для выявления приятных и неприятных компонентов шума была введена метрика краткосрочного психоакустического раздражения (ПАР), учитывающая разные показатели качеств. Количественное описание психоакустического раздражения основано на результатах психоакустических экспериментов с модулированными и немодулированными узкополосными и широкополосными звуками различного спектрального распределения [5].

В основном, ПАР зависит от громкости, тона и изменяющейся во времени структуры звука. Для расчета данной метрики необходимо определить у акустического сигнала такие параметры, как громкость (N), резкость (S), силу флуктуации (F) и хрипкость (R) [3].

Одним из важных субъективных качеств звука является его громкость, которая характеризует силу или интенсивность звука в восприятии человека. Громкость зависит от звукового давления, длительности и частоты звука. Чем больше интенсивность, длительность и ширина спектра звука, тем выше его громкость.

Акустическая резкость зависит от спектрального распределения звука, длительности звукового импульса и способности уха различать быстрые изменения амплитуды. Более высокочастотный шум воспринимается как более неприятный, агрессивный и раздражающий, чем равный по уровню громкости низкочастотный шум.

Сила флуктуаций и хрипкость зависят от модуляции звуков, которые вызывают разнообразные и независимые слуховые ощущения. Однако не только модулированные звуки могут вызывать слуховое ощущение флуктуаций или хрипкости, но и немодулированные узкие полосы шума.

Величина ПАР значительно зависит от громкости, однако при высоких показателях резкости, силы флуктуаций или хрипкости она может значительно увеличиться, что будет говорить о большем раздражающем влиянии шума на человека. Таким образом, даже при равных громкостях сигналы могут иметь разное значение раздражения.

Заключение. Используемые методы оценки негативного влияния шума на человека по уровню интенсивности звука не всегда являются достаточными. Громкость, конечно, является основной определяющей переменной, задающей степень раздражающего влияния шума на человека, однако существуют сигналы, где необходимо принять во внимание и другие психоакустические характеристики для более точной и качественной оценки, ведь человеку для восприятия важны не только физические параметры, но и эстетические, когнитивные.

В докладе будут представлены результаты оценки ПАР и их сравнения для производственных шумов.

Данная работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России в сфере научной деятельности по проекту № FZNS-2023-0008.

Список литературы

1. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. (Санитарные нормы) от 31.10.1996 N 2.2.4/2.1.8.562-96
2. Белл А. Шум: профессиональная вредность и общественное зло / Всемирная организация здравоохранения; Женева; Всемирная организация здравоохранения; 1967.
3. Римская-Корсакова Л. К. Оценки раздражающего действия шума /Л. К. Римская-Корсакова, П. А. Пятаков, С. А. Шуляпов // Акустический журнал. – 2022. – Т. 68, № 5. – С. 550-561. – DOI 10.31857/S0320791922050100. – EDN MGFGNH.
4. Тэйлор Р. Шум./ Р.Тэйлор.- м: мир, 2002. – 307 с
5. Fastl H., Zwicker E. Psychoacoustics: Facts and Models. Berlin Heidelberg: Springer. Springer-Verlag, 2007.

УДК 656.13.071.8

ЭЛЕКТРОМОБИЛИ КАК ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА И ЕГО ИНФРАСТРУКТУРЫ

Сытник Е.С., канд. техн. наук

Автомобильно-дорожный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, РФ
e.s.sytnik@yandex.ru

Введение. Проблемы, связанные с ограниченностью нефтяных ресурсов, ценовыми колебаниями на нефть и в особенности экологическими последствиями использования нефтяных топлив на транспорте, побуждают мировое сообщество искать эффективные пути их решения. В настоящее время ученые и конструкторы рассматривают электромобили как перспективную альтернативу, которая способна значительно снизить техногенное воздействие на окружающую среду и обеспечить более устойчивое топливно-энергетическое будущее.

Цель статьи – анализ и обобщение зарубежного и российского опыта в контексте современных тенденций, проблем и перспектив, связанных с развитием электромобильной индустрии.

Основная часть. Многие страны мира ставят перед собой задачу стать углеродно-нейтральными к 2030-2035 гг., что означает балансирование между выбросами и поглощением соединений углерода. Для достижения этой цели, планируется ужесточение норм выбросов и

постепенный переход к более экологичным технологиям, таким как электрические и гибридные автомобили с отказом от автомобилей с двигателями внутреннего сгорания. Этот процесс уже стал фактором, стимулирующим мировых автопроизводителей к разработке и выпуску более экологически чистых автомобилей. Эксперты [1] полагают, что переход на электрокары сократит мировой спрос на сырую нефть как минимум на 5 млн баррелей в день к 2030 году, снижая при этом вредные выбросы автомобилей в атмосферу.

Лидером продаж новых электромобилей в 2021 году в Европе стала Норвегия – доля реализованных электрокаров составила 86% от их общего числа (рис.1) [2]. В России парк электромобилей увеличивается менее активно (рис. 2) и на 1.01.2023 г. достиг 20,7 тыс. единиц [3]. По прогнозу к 2035 году в эксплуатации будет находиться 506 тыс. электрокаров [3].

Несмотря на общепринятое мнение об экологичности электрокаров, они не обладают способностью решить экологические проблемы полностью, поскольку их влияние на окружающую среду является достаточно сложным и многогранным. С одной стороны, они обеспечива-



Рис. 1. Динамика распределения продаж новых электромобилей в Европе в 2021 г. [2]

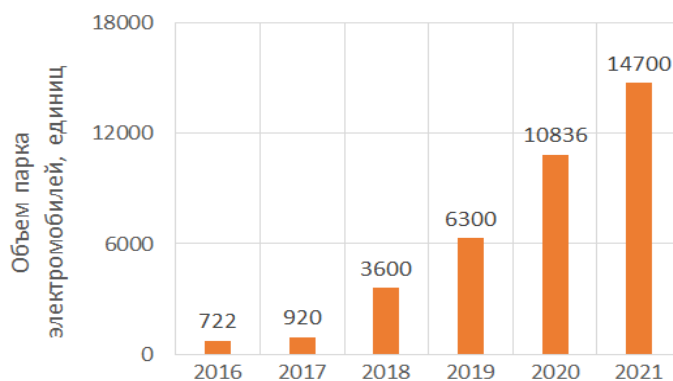


Рис. 2. Динамика парка автомобилей в РФ в 2016 – 2021 гг. [2]

ют снижение вредных выбросов с отработавшими газами автомобилей, в частности CO_2 , что может положительно повлиять на атмосферу и климат. Вместе с тем надо учитывать аспекты, которые могут оказывать негативное воздействие на экологию. Поскольку до сих пор не урегулированы вопросы переработки и утилизации аккумуляторных

батарей (АКБ). Отсутствие четких норм и стандартов этих процессов может привести к накоплению отходов и загрязнению окружающей среды. Производство АКБ для электромобилей требует добычи редких металлов, и зависимость от нефти может смениться таковой от добычи минеральных источников сырья (литий, кобальт, никель и др.).

Россия располагает одной из крупнейших сырьевых баз соединений лития в мире, входя в первую пятерку стран-держателей запасов. Характерно, что литий входит в перечень стратегических видов минерального сырья РФ. Тем не менее, в настоящее время из-за низкого внутреннего спроса на литиевые продукты и высокой конкуренции со стороны стран, доминирующих на мировом рынке литиевых ресурсов, его промышленная добыча в полной мере пока не ведется. А перерабатывающие предприятия полностью зависят от импортного сырья.

Мировые запасы лития разведаны в 18 странах и, по данным USGS, составляют 22,4 млн. т; ресурсы известны в 24 государствах и оцениваются в 89 млн. т [2]. Доля наибольших запасов лития в мировых принадлежит Чили (41 %), за которой следуют Австралия (25,4 %) и Аргентина (9,8 %). В тройку стран-производителей лития в 2021 году вошли Австралия, с долей в мировом производстве 52,5 %, Чили (24,8 %) и Китай (13,4 %). Наиболее востребованы среди литиевых продуктов сподуменовые концентраты, карбонат лития технического и батарейного сортов (Li_2CO_3), гидроксид лития (в форме моногидрата $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$) технического и батарейного сортов.

По данным Cobalt Institute и Roskill, мировое потребление другого важного для электромобилей металла – кобальта – в 2021 г. оценивается в 175 тыс. т. [4]. Это на 22,1% выше, чем годом ранее. Месторождения кобальтовых руд расположены на территории 20 стран и суммарно оцениваются в 7,8 млн. т. Лидером по запасам кобальта является ДР Конго с долей мировых запасов 44,9%, за которой следуют Россия (14,4%) и Австралия (8,6%). В 2021 году РФ вошла в тройку основных стран-производителей кобальта в рудах и концентратах, обеспечивая 4,9% его общемирового объема производства.

Согласно [2] на автомобильную промышленность приходится 29,7% рынка литий-ионных АКБ. Производители стремятся к массовому производству АКБ с более высокой плотностью энергии, используя новые химические составы, такие как литий-никель-марганец-кобальт оксид и литий-никель-марганец-кобальт-алюминиевый оксид. В качестве альтернативного варианта компании представляют литий-железо-фосфатные аккумуляторы, обладающие конкурентоспособностью за счет более низкой цены (около 80 долларов за киловатт-час электроэнергии).

Заключение. Производство и внедрение электромобилей представляют собой одно из эффективных направлений в решении экологических проблем автотранспортной отрасли и ее инфраструктуры.

Электрокары способны снизить и исключить многие загрязнения, однако их реальное влияние на экологию требует комплексного анализа и учета целого спектра различных факторов.

Список литературы

1. Почти каждый пятый проданный в 2023 году в мире автомобиль будет электрическим. – URL: <https://www.forbes.ru/biznes/488380-pochti-kazdyj-patyj-prodannyj-v-2023-godu-v-mire-avtomobil-budet-elektriceskim> (дата обращения 18.08.2023г.)
2. Исследование состояния и перспектив развития рынка электротранспорта (автомобили, платформы, топливные элементы) в России и мире. Оценка влияния на показатели развития НТИ «Автонет» (аналитический отчет, 2022). / Ассоциация разработчиков, производителей и потребителей оборудования и приложений на основе глобальных навигационных спутниковых систем "ГЛОНАСС / ГНСС – Форум" – Москва, 2022 – 200 с.
3. Число зарегистрированных электромобилей в России превысило 20 тысяч. – URL: <https://www.autostat.ru/news/54027/> © Автостат. (дата обращения 18.08.2023г.)
4. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2021 году. – ФГБУ «ВИМС».- Москва.-2022. – 626 с. – URL: https://vims-geo.ru/ru/documents/714/Книга_ГД-2021_web_2023.01.18_8.pdf (дата обращения 18.08.2023г.)

УДК 712.5

МОНИТОРИНГ ЗЕЛЕННЫХ ЗОН И ТЕРРИТОРИЙ В ГОРОДСКОЙ ЭКОСИСТЕМЕ

Хазипова В.В., канд. техн. наук, *Кипря А.В.*, канд. хим. наук,
Мнускина Ю.В., канд. хим. наук

ФГКОУ ВО «Донецкий институт Государственной противопожарной службы МЧС России», г. Донецк, ДНР
agz@mail.dnmchs.ru

Введение. Роль зеленых насаждений в формировании городской среды велика, особенно для крупных индустриальных агломераций, к которым относится город Макеевка. Макеевка – один из важных промышленных городов Донбасса, расположена в юго-западной части Донецкого края в пределах Кальмиусско-Торезского гидрологического бассейна. Городская экосистема занимает территорию площадью 42666 га. Население города почти 380 тысяч человек, что составляет 9% населения Донецкой Народной Республики. Последние годы были трудными для города: постоянные боевые действия, экономические кризисы и другие трудности наложили свой отпечаток на жизнь населения. Однако сегодня Макеевка находится на пороге перемен. В таком промышленном городе, как Макеевка, важным фактором создания благоприятных условий для жизни является наличие естественных и искусственных природных объектов.

Городская экосистема находится в неблагоприятных условиях – не соответствует нормируемым показателям качества атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод и почв. Исправить данную ситуацию, повлиять на экологические показатели можно путем мониторинга состояния растительных сообществ городской среды и формирования непрерывной системы зеленых насаждений [1].

Цель исследования – провести анализ состояния зеленых зон и городских территорий г. Макеевки.

Основная часть. Зеленые насаждения Макеевки занимают важное место в решении задач охраны и благоустройства окружающей среды. Кроме того, они выполняют комплекс оздоровительных, рекреационных, защитных функций, выступают стабилизатором экологического равновесия. Достаточно отметить, что один гектар городских зеленых насаждений выделяет до 200 кг кислорода в день. Площадь зеленых насаждений в Макеевке составляет 7 581,15 гектара. О том, насколько важно озеленение города, свидетельствует тот факт, что человек пропускает через легкие в среднем 25 килограммов воздуха в день.

Как следует из данных, приведенных на диаграммах (рис. 1 и рис. 2), зеленая зона города включает в себя: насаждения общего пользования – 2 144,15 га, насаждения специального назначения – 301,8 га. Данные о площади и категориях зеленых насаждений города приведены на рис. 1, рис. 2.

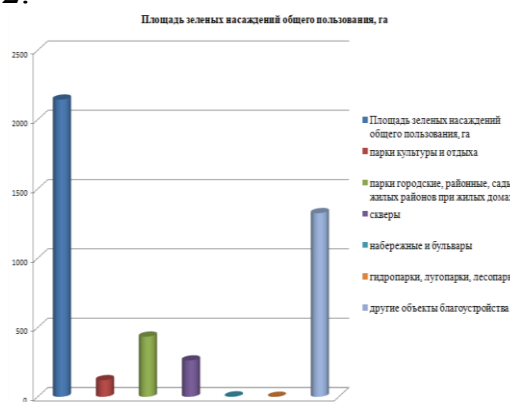


Рис. 1. Площадь зеленых насаждений общего назначения

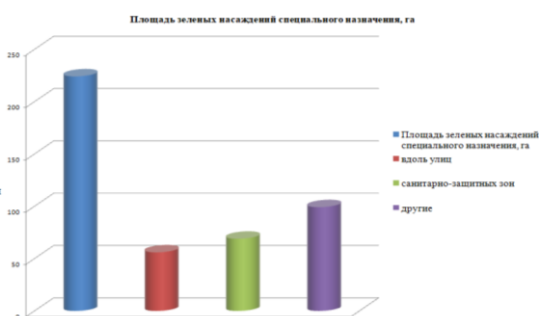


Рис. 2. Площадь зеленых специального назначения

На состояние и продуктивность зеленых насаждений в значительной степени влияет качество зелёных ландшафтов. Одной из основных причин деградации зеленых ландшафтов в Макеевском регионе является промышленная и жилая застройка, а также высокая застройка и распашка территории. Больше всего на изменение земель и почв влияют процессы техногенного воздействия, которые связаны с промышленной и сельскохозяйственной деятельностью, транспортом и урбанизацией территорий. Среди основных факторов, представляющих угрозу землям и

биосфере, необходимо выделить физическую деградацию земель (эрозия, уплотнение, перемещение больших объемов почвы), загрязнение, засоление и истощение почв, а также уменьшение биологического разнообразия. Почвы и уголья города характеризуются: загрязнением тяжелыми металлами и нефтепродуктами, нарушением кислотно-щелочного баланса и физико-химических свойств, наличием включений строительного и бытового мусора, низким содержанием питательных веществ в почвах, что связано с интенсивной техногенной нагрузкой.

Высокие уровни загрязнения почвы были отмечены в пойме рек Грузская и Крынка, а также вблизи основных промышленных предприятий города и в районах складирования промышленных отходов.

В городе значительная доля земли занята промышленной и жилой застройкой (около 26 %). По абсолютной площади застроенных территорий Макеевка занимает второе место после города Донецка среди всех городов Донецкой Народной Республики. Структура земельного фонда в Макеевке показана на рис. 3.

В Макеевке произрастает несколько тысяч видов растений. По своим природным особенностям городская территория относится к зоне, достаточно благоприятной для выращивания древесной и кустарниковой растительности.

Однако, состояние зеленых насаждений связано с их возрастом, антропогенной нагрузкой, местом посадки и уходом. Важным фактором для произрастания растений является также качество городских земель и почв.



Рис. 3. Структура земельного фонда г. Макеевки

Современное экологическое состояние почвенного покрова и земель Макеевки формировалось в результате градостроительного и индустриального развития города. Сегодня территория существующих зеленых насаждений в городе явно недостаточна, особенно для общественных пространств – парков, скверов, городских садов, бульваров и других объектов. На территории города насчитывается 10 парков и 28 скверов. Наиболее значимыми парками и скверами являются: Центральный, Пионерский, Metallургов, Комсомольский, возле Свято-Георгиевского собора.

Уровень озеленения является важным показателем, определяющим санитарно-гигиеническое состояние города. Для Макеевки рекомендуемый уровень обеспеченности зелеными насаждениями общего пользования составляет 20 м² на человека. На сегодняшний день этот норматив не выполняется.

Заключение. Анализ состояния зеленых зон и городских земель Макеевки свидетельствует о высокой антропогенной нагрузке на природные ландшафты. Выходом из сложившейся ситуации может быть разработка отдельной "Программы озеленения Макеевки" с четким планированием работ и финансированием.

Список литературы

1. Маслов Н.В. Градостроительная экология. – М: Высшая школа, 2003. – 284 с.

УДК 622.02:539.2/.8

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ РАСЧЕТА ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ЗАТОПЛЕНИИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

Шевченко Е.Н., канд. техн. наук

ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геофизики, геомеханики и маркшейдерского дела», г. Донецк, РФ
ranimi@ranimi.org

Многолетняя добыча полезных ископаемых на территории Донбасса, сопровождающаяся извлечением из массива миллионов кубических метров горных пород, оказала значительное влияние на земную поверхность, проявившись в виде сдвижений и деформаций. Особую остроту эта проблема приобрела в густонаселенных районах и на застроенных территориях оказывая негативное влияние на объекты земной поверхности. Поэтому вопросы применения новых методов для прогноза деформаций земной поверхности являются актуальным объектом исследований.

Расчет деформаций земной поверхности при затоплении массива горных пород включает в себя учет изменения напряженно-деформи-

рованного состояния пород и сопутствующих геологических процессов, таких как компактация, деформация искусственных каверн или пещер, водопритоков, физико-механических свойств горных пород и прочее. Основными расчетными параметрами являются сдвигения, оседания, наклоны, кривизна, горизонтальные и вертикальные деформации. Применяемые методики расчета могут значительно различаться в зависимости от конкретной горнотехнической или гидрогеомеханической ситуации, характеристик вмещающих горных пород, наличия и достоверности исходных данных [1-5].

Одним из основных подходов к расчету деформаций земной поверхности при затоплении массива горных пород является применение численных моделей [3].

К численным моделям относятся метод конечных элементов (МКЭ) и метод конечных разностей (МКР), которые широко используются для моделирования деформаций земной поверхности при затоплении массива горных пород. Данные методы позволяют разделить сложную геометрию и физические аспекты проблемы деформирования на более простые элементы или ячейки, на которых впоследствии выполняются расчеты.

Процесс применения численных моделей включает следующие шаги.

1. Геометрическое моделирование.

На первом этапе создается геометрическая модель затопляемого массива горных пород и окружающей его среды. Горные породы могут быть представлены в виде ячеек, элементов или сетки, где каждый элемент имеет определенные геометрические параметры.

2. Установление начальных и граничных условий.

Определяются начальные условия, такие как начальные напряжения и деформации в горных породах. Также устанавливаются граничные условия, которые определяют взаимодействие между горными породами и окружающей средой, например, воздействие воды на изменение физико-механических свойств горных пород при затоплении.

3. Физические свойства.

Определяются физические свойства горных пород, такие как предел прочности, коэффициент трения, коэффициент пористости, модуль упругости и др. Эти свойства влияют на поведение вмещающих массивов горных пород в процессе деформации.

4. Дискретизация.

Модель разбивается на более простые, с геометрической точки зрения, элементы или ячейки. В методе конечных элементов используются треугольные или четырехугольные элементы, а в методе конечных разностей изучаемая область массива горных пород разбивается на равномерную сетку ячеек.

5. Расчет напряжений и деформаций.

На основе уравнений равновесия с учетом граничных условий и физико-механических свойств вмещающих горных пород, выполняются

расчеты напряжений и деформаций в каждой ячейке или элементе модели. Это позволяет оценить параметры деформирования массива горных пород при обводнении.

6. Результаты и верификация.

Полученные результаты анализируются и сравниваются с экспериментальными данными для проверки корректности построенной модели. В случае необходимости, параметры модели могут быть скорректированы, до достижения наилучших коэффициентов тесноты связи с натурными данными.

7. Интерпретация результатов.

Интерпретация результатов моделирования выполняется для оценки потенциальных рисков для объектов поверхности при деформировании обводненных массивов. Это позволяет принять соответствующие решения, предупредить или минимизировать воздействие путем разработки мер защиты и снижению возможных негативных последствий.

Численные модели в геомеханике и гидрогеологии представляют собой мощный инструмент для оценки деформаций земной поверхности и прогнозирования поведения горных пород при затоплении. Однако они требуют специализированного программного обеспечения, вычислительных ресурсов и опыта для корректной настройки моделей и интерпретации результатов.

Для получения точных прогнозных значений деформаций земной поверхности необходимо иметь полную и достоверную информацию о геологическом строении массива и свойствах горных пород, таких как коэффициенты проницаемости, пористости, трения, фильтрации, пределы прочности и т.д. Эти данные могут быть получены экспериментальным образом по результатам разведочного бурения, прочих геологических и гидрогеологических исследований, лабораторных испытаний образцов горных пород и других источников данных.

Важным этапом является проверка достоверности полученных результатов путем сравнения расчетных данных с результатами натуральных наблюдений. Основными методами получения достоверных натуральных данных о деформациях земной поверхности являются мониторинговые исследования на базе выполнения комплекса инженерно-геодезических работ, данных дистанционного зондирования, спутниковых снимков, аэрофотосъемок или съемок с привлечением беспилотных летательных аппаратов и других методов наблюдения.

Помимо численных моделей, для оценки деформаций земной поверхности также могут применяться аналитические методы, эмпирические формулы или приближенные аналитические выражения, основанные на упрощенных предположениях и аппроксимациях.

Важно отметить, что расчет деформаций земной поверхности при затоплении массива горных пород является сложной комплексной задачей,

требующей специализированных знаний и опыта в области гидрогеомеханики.

Список литературы

1. Белоконь Н.А. Моделирование деформаций пород при подъеме уровня грунтовых вод/ Н.А. Белоконь, Е.А. Башукова, М.И. Сытников // Геотехника. – № 2, 2016. – С. 10-17.
2. Павлова Г.А. Моделирование грунтовых деформаций при искусственном понижении уровня грунтовых вод/ Г.А. Павлова // Геотехника. – № 3, 2008. – С. 30-33.
3. Рабцевич В.В. О численном моделировании распределения напряжений в массиве горных пород при действии длинного гидроразрыва / В.В. Рабцевич, А.Ф. Молчанов, В.Ю. Осипов // Геотехника. – № 4, 2012. – С. 52-58.
4. Щедровицкий О.А. Моделирование гравитационного сброса грунта при движении воды в свиноцементных смесях / О.А. Щедровицкий, А.А. Новиков, М.А. Лисица // Геотехника. – № 3, 2015. – С. 42-45.
5. Галкин П.А. Компьютерное моделирование угрозы наводнения городской территории при затоплении карьера / П.А. Галкин, К.Н. Рыжков // Фундаментальные исследования. – № 5-4, 2014. – С. 812-817.

УДК 528.88

ВОЗМОЖНОСТИ АНАЛИЗА СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ И ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ТЕРРИТОРИЯХ ДОНБАССА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ

Шеставин Н.С., канд. техн. наук, *Несова А.В.*

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
n.shestavin@mail.ru

Суть запланированного исследования заключается в построении моделей и алгоритмов влияния на экологическое состояние окружающей среды и взаимовлияния различных компонент спутниковых данных для территорий Донбасса и сопредельных регионов, а также их оценка и прогнозирование в системах принятия управленческих решений путем разработки компьютерных программ, адаптированных к географическим информационным системам для кратко-, средне- и долгосрочного прогнозирования экологических последствий военных действий и чрезвычайных ситуаций (далее – опасных явлений) с учетом различных физико-химико-биологических, экономико-математических моделей и общественно-политических моделей, сценариев территориального развития и перспектив интеграции новых регионов в России.

Целью прикладного научного исследования является разработка моделей и алгоритмов оценки на основе спутниковых данных эколо-

гических последствий опасных явлений на территориях Донбасса и сопредельных регионов. Основная задача исследования заключается в построении моделей и алгоритмов влияния на экологическое состояние окружающей среды и взаимовлияния различных компонент спутниковых данных для территорий Донбасса и сопредельных регионов.

Для обеспечения возможностей использования результатов исследования для систем принятия управленческих решений будут разработаны соответствующие компьютерные программы, адаптация которых в конкретные географические информационные системы является важной задачей для дальнейшего практического применения результатов исследования.

Задача выбора системы прогнозирования экологических последствий опасных явлений представляет собой сложную задачу кратко-, средне- и долгосрочного анализа и прогнозирования с учетом различных физико-химико-биологических параметров, экономико-математических и общественно-политических моделей, всевозможных сценариев территориального развития и ожидаемых перспектив интеграции новых регионов в Российскую Федерацию.

Актуальность исследования обусловлена непрекращающимися с 2014 года на Донбассе военными действиями разной степени интенсивности, которые с февраля 2022 года распространились на сопредельные территории (Запорожскую, Херсонскую области и другие области Украины и России) и вызывают значительные отрицательные экологические последствия, как в природной окружающей среде, так в техногенных объектах, расположенных на этих территориях. А чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера, которые имели или имеют место на указанных территориях, обостряются в связи с ведением военных действий, поэтому необходимо проанализировать текущую ситуацию, составить прогноз развития таких критических ситуаций с учетом множества существенных факторов и оценить риски экологического влияния этих опасных явлений на окружающую среду.

Социальная значимость данного исследования состоит в обеспечении гражданского общества и аппарата управления указанными территориями достоверной информацией об экологических последствиях происходящих опасных явлений, на основании данных спутникового мониторинга этих территорий, а также о прогнозируемых рисках развития этих опасных явлений и их влияния на природу и человека. Широкая информированность общественности посредством создаваемого Интернет-сайта проекта, а также проведения других научных, образовательных и просветительских мероприятий проекта, будут иметь важное социальное значение для развития гражданского общества Донбасса и сопредельных регионов.

Экономическая значимость результатов выполнения проекта будет определяться учетом рисков экологических последствий реальных и

ожидаемых опасных явлений при принятии управленческих решений по адаптации программ и проектов экономического развития территорий и регионов к реалиям современных вызовов политического, природного и техногенного характера. Экономический эффект внедрения результатов проекта будет обуславливаться выбором одного из вариантов мероприятий, который приведет к устранению или минимизации отрицательных последствий происшедшего опасного явления при наименьших расходах на осуществление необходимых мероприятий.

Аналогичные исследования проводят иностранные ученые, в основном в подразделениях Национального управления по авиации и исследованию космического пространства США (НАСА) и Европейского космического агентства (ЕКА), где осуществляется обработка спутниковых снимков и выполняется прогнозирование на основе спутниковых данных прогнозирование развития различных атмосферных, климатических и морских явлений. Разработку систем спутникового мониторинга в России осуществляет Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН).

В 2019 году Донецкий государственный университет (ДонГУ) заключил с ИКИ РАН Соглашение о сотрудничестве, в рамках которого ДонГУ получил доступ к информационным ресурсам Центра коллективного пользования (ЦКП) системами архивации, обработки и анализа данных спутниковых наблюдений, которые являются основным источником информации для выполнения этого проекта.

Идея этого проекта состоит в разработке параметрической многофакторной модели [1] с учетом физико-химико-биологических параметров на основе спутниковых данных, экономико-математических и общественно-политических закономерностей развития и взаимодействия различных факторов, которые необходимо рассматривать комплексно для оценки экологических последствий опасных явлений на территориях Донбасса и сопредельных регионов. В настоящий момент, используя спутниковые данные ЦКП ИКИ РАН, выполняется анализ динамики пожаров и состояния растительности, которые вызваны военными действиями, на территориях Донбасса и сопредельных регионов [2], а также оцениваются экологические риски подрыва плотины Каховской ГЭС, и других опасных явлений на этих территориях [3, 4].

Исследование выполнено в рамках госбюджетной темы «Анализ и прогноз на основе спутниковых данных экологических последствий военных действий и чрезвычайных ситуаций на территориях Донбасса и сопредельных регионов» (госрегистрация № 1023031100017-5-1.2.1).

Список литературы

1. Есипов, Ю. В. Научно-прикладные задачи техносферной безопасности: монография / Ю. В. Есипов, Б. Ч. Месхи, М. С. Джиладжи. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 123 с.

2. Шеставин, Н. С. Спутниковый мониторинг пожаров и состояния растительности в 2021-2022 гг. на территориях Донбасса и сопредельных регионов / Н. С. Шеставин, А. В. Несова, Н. С. Кудокочев // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. Вып. 7. – Ростов-на-Дону : Изд-во ЮНЦ РАН, 2022. – С. 25-31.
3. Шеставин, Н. С. Оперативный анализ по спутниковым данным состояния посевов на территории ДНР а начале 2022 года / Н. С. Шеставин // Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства: материалы V Международной научно-практической конференции, 21 апреля 2022 г., Макеевка : в 7 т., Т. III. – Макеевка : Донбасская аграрная академия, 2022. – С. 189-195.
4. Шеставин, Н. С. Перспективы использования данных космического мониторинга для оценки экологических последствий военных действий и чрезвычайных ситуаций на территориях Донбасса и сопредельных регионов / Н. С. Шеставин // СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, природных и антропогенных объектов) : XX.V.349 – Тезисы Двадцатой Международной ежегодной конференции (Москва, 14-18 ноября 2022 г.). – Москва : Институт космических исследований Российской академии наук, 2022. – С 122.

УДК 621.542

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ УБОРКИ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ.

Шукуров М.М.

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,
г. Йошкар-Ола, РФ
murashukurov@gmail.com

Введение. В работе рассмотрена необходимость создания эффективных и экономичных средств для уборки городской территории. Рассмотрены некоторые этапы разработки мобильного механического устройства для уборки городской среды.

Актуальность. Уборка территории с помощью воздуходувов и пылесосов выявила ряд недостатков: повышенный уровень шума, пыль, выхлоп, использование электроэнергии и топлива, регулярное обслуживание и ремонт узлов. Одним из способов борьбы с этой проблемой является использование механического устройства для уборки городской среды. Такое устройство может быть эффективным и экономичным средством для уборки улиц от мусора. При этом Важно, чтобы такие устройства были надёжными и экологически безопасными, а также обладали низким уровнем шума и вибрации.

Цель Разработка бесшумного, энергоэффективного механического устройства для уборки городской среды с возможностью переналадки для стрижки газона.

Выделим некоторые этапы:

1) Разработка кинематической модели функционирования привода механического устройства

2) Создание компьютерной модели механического устройства для определения основных конструктивных параметров.

Основная часть.

Разработка кинематической модели функционирования привода механического устройства. Построены детальные кинематические схемы (рис.1) с двух сторон устройства, которые дают представление о габаритах деталей привода. Построенные на данной схеме детали, передающие вращающий момент – блок звезд и шкивов, уже имеют в своей основе заложенное передаточное отношение $1/3$ и учтены при проектировании.[2]. Разработанные детальные кинематические схемы позволяют точно описать работу механического устройства.

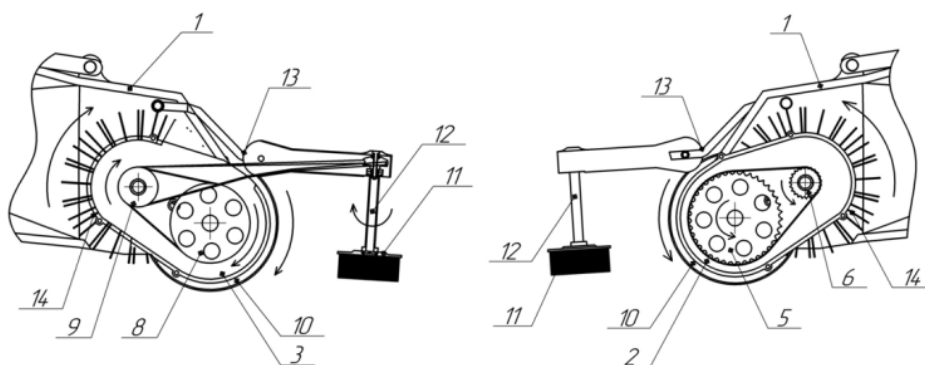


Рис. 1. Детальная кинематическая схема проектирования и оптимизации работы механических систем, что позволяет повысить их эффективность и надежность.

Создание компьютерной модели механического устройства для определения основных конструктивных параметров. На основе детальной кинематической схемы создана компьютерная модель механического устройства (рис. 2). Компьютерная модель позволяет убедиться в правильности расчетов и дизайне устройства, а также выявить возможные проблемы и недостатки, кроме того это упрощает его дальнейшую модификацию и улучшение. Модель создана полностью с всеми элементами и узлами. При моделировании заложено, объем мусоросборника должен составлять 50 л, с учетом этого проектировалось выходное отверстие корпуса.

Применение пластмасс в корпусных деталях ощутимо снизит вес до расчетных 8-10 кг. Таким образом, компьютерная модель позволяет точно определить количество элементов устройства и их функциональное назначение.

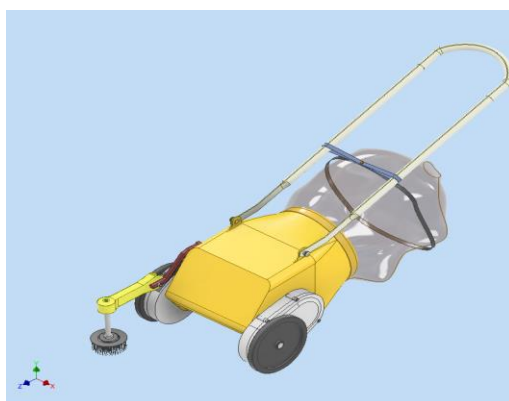


Рис. 2. Компьютерная модель механического устройства.

Механическое устройство (рис.3) включает в себя корпус 1 к которому крепятся два рычага 2,3 имеющих регулировки по высоте и включающие в себя цепной привод 4, состоящий из большой звездочки 5 и малой звездочки 6, ременной привод 7, состоящий из большого шкива 8, а так же малого шкива 9, два приводных колеса 10, бордюрную щётку 14, установленную внутри корпуса, ручка устройства 15 устанавливается в верхней части корпуса и имеет регулировку по высоте. Мешок 16 устанавливается в задней части корпуса и крепится с помощью фиксирующих элементов 17 к корпусу, так же поддерживается ремешком 18 жестко закрепленным на ручке устройства.

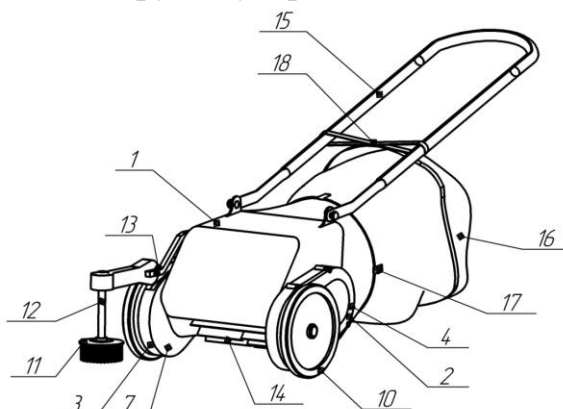


Рис. 3. Схема элементов механического устройства

Вывод. В процессе выполнения работы был разработано механическое устройство для использования жилищно-коммунальными службами и частным сектором. Данное техническое решение соответствует современным техническим требованиям и является перспективным нововведением в области уборки городской среды.

Список литературы

4. Карабан Г.Л., Баловнев В.И., Засов И.А., Лифшиц Б.А.. – Москва: Машиностроение, 1988. – 272 с.
5. Алешин Н.И. Машины и оборудование в жилищно – коммунальном хозяйстве и строительстве. – Москва: Стройиздат, 1979. – 273 с.

Теоретическая физика и нанотехнологии

УДК 539.213;530.1;524.3;524.8

АКТИВНЫЕ НАНООБЪЕКТЫ И МИКРООБЪЕКТЫ В НОВЫХ МАТЕРИАЛАХ С ФРАКТАЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ

Абрамов В.С., канд. физ.-мат. наук

ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина»,

г. Донецк, РФ

vsabramov@mail.ru

Введение. При создании датчиков и высокочувствительных сенсоров на основе новых материалов с фрактальной структурой и их использования для наблюдения фотолюминесценции (PL) и сверхфотолюминесценции (SPL) роль внешнего источника может выполнять накачка (pump – probe spectroscopy method – PPSM [1]). В образцах из [1] реализованы полупроводниковые муаровые сверхрешетки на основе WSe_2/WS_2 . Структура таких сверхрешеток: конструкция из двух шероховатых слоев; слои повернуты относительно друг друга на угол 60° . Сигналы PL и SPL наблюдаются на стохастическом фоне. В работе [2] были получены отдельные тонкие полупроводниковые пленки на основе ZnO, SiB, SiP и трехслойные структуры ZnO/SiB/SiP. Поверхности таких пленок являются шероховатыми. Эти шероховатости допускают интерпретацию как ансамбля квантовых наноразмерных активных объектов (квантовых точек) с фрактальной структурой. Перпендикулярно поверхностям образуются объекты типа нанотрубок. Для исследования параметров активных объектов в этих пленках при комнатных температурах использовалась угловая оптическая эхо спектроскопия. В работе [3] методом магнетронного распыления были получены графитоподобные пленки на диэлектрической и металлической подложках. В структуре графитоподобная пленка-металлическая подложка был реализован контакт металл-полупроводник.

Целью работы является описание ряда параметров нанобъектов и микрообъектов в новых материалах с фрактальной структурой.

Теоретическая модель. В рамках кварк-глюонной модели на основе энергии $\varepsilon_{bJ} = 848.5329181$ мэВ из [4] получены характерные энергии $\varepsilon_{mc} = 898.4937097$ мэВ и $\varepsilon_{ex} = 877.2555744$ мэВ для частиц Ферми и Бозе типов, соответственно. По формулам

$$\begin{aligned}\varepsilon_{mc} &= a_\lambda / \lambda_{mc}; \quad \rho_{mc} = (2 / \lambda_{mc})^2; \quad a_\lambda = 1239644.01 \text{ мэВ} \cdot \text{нм}; \\ \varepsilon_{ex} &= a_\lambda / \lambda_{ex}; \quad \rho_{ex} = (2 / \lambda_{ex})^2\end{aligned}\quad (1)$$

находим численные значения длин волн $\lambda_{mc} = 1.379691362$ мкм и $\lambda_{ex} = 1.41309334$ мкм для частиц Ферми и Бозе типов, соответственно. Полученные значения длин волн λ_{mc} , λ_{ex} можно использовать в качестве оценок толщины образцов, которые были использованы для исследования PL и SPL в работе [1].

С учетом квантовых чисел N_{b0}^* , n_G из [5] и числа квантов SPL $N_{SPL} = 144.0697269$ по формулам

$$\begin{aligned} N_{SPL}^* &= N_{SPL} - (N_{b0}^* + n_G); \quad \lambda_{mc}^* = \lambda_{mc} / N_{SPL}^*; \\ \lambda_{ex}^* &= \lambda_{ex} / N_{SPL}^*; \quad \rho_{mc}^* = (N_{SPL}^*)^2 \rho_{mc}; \quad \rho_{ex}^* = (N_{SPL}^*)^2 \rho_{ex} \end{aligned} \quad (2)$$

находим эффективные число квантов $N_{SPL}^* = 100.0465715$, длины волн $\lambda_{mc}^* = 13.79049118$ нм и $\lambda_{ex}^* = 14.12435547$ нм, плотности $\rho_{mc}^* = 2.10329661 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$ и $\rho_{ex}^* = 2.005038485 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2}$ для квазичастиц Ферми и Бозе типа, соответственно. Указанные плотности практически совпадают с экспериментальными значениями плотностей из [1]. Далее на основе структурных параметров S_{iu} из [4, 5] и эффективных длин волн из (2) по формулам

$$(\lambda_{ex}^*)^2 S_{2u}^2 = r_{ex}^2 S_{1u}^2; \quad (\lambda_{mc}^*)^2 S_{2u}^2 = r_{mc}^2 S_{1u}^2 \quad (3)$$

находим характерные радиусы $r_{ex} = 9.987427535$ нм и $r_{mc} = 9.75134983$ нм для наночастицы и наноячейки. Отметим, что значение радиуса наночастицы r_{ex} близко к размеру малых металлических частиц (агрегатов), внедренных в диэлектрическую матрицу из [6]. Основным механизмом неоднородного уширения спектральных линий для системы таких частиц в [6] был разброс их размеров и шероховатость поверхности отдельной частицы. Энергетический спектр имел тонкую структуру, элементарными возбуждениями являлись дипольные плазмоны. При этом возможно образование контактов таких металлических частиц с торцами диэлектрической или полупроводниковой трубки, которая имеет меньший радиус r_{mc} .

Знание фрактального параметра \bar{n}_{fv} из [4] (учет процесса рассеяния фотонов на фононах), параметра $\bar{\xi}_{0J}$ из [4, 5] дает возможность ввести параметр $\psi_{PLA} = 0.203050046$ и выполнить оценку энергии активации $\varepsilon_{PLA} = 290.2126952$ мэВ на основе энергии фотонной люминесценции $2\varepsilon_{PL} = 1429.26683$ мэВ и энергии $\varepsilon_{Lg} = 89.3291769$ мэВ по формулам

$$\psi_{PLA} = (\bar{n}_{fv} - 1) / (n_g \bar{\xi}_{0J}); \quad \varepsilon_{PLA} = 2\psi_{PLA} \varepsilon_{PL}; \quad \varepsilon_{PL} = n_g \varepsilon_{Lg}. \quad (4)$$

С учетом эффективной восприимчивости $\chi_{AJ} = 0.188668278$ далее находим энергетические щели $\Delta_{PLA} = 54.75392946$ мэВ и $\Delta_{Lg} = 54.35357969$ мэВ, соответствующие им эффективные температуры

$T_{PLA} = 317.7249201 \text{ К}$ и $T_{Lg} = 315.4017791 \text{ К}$, полевую щель $\Delta_{gA} = 50.04372125 \text{ мкэВ}$ из соотношений

$$\Delta_{PLA} = \chi_{AJ} \varepsilon_{PLA}; \quad \Delta_{Lg} \varepsilon_{PLA} = \bar{n}_{fv} \varepsilon_{Lg}^2;$$

$$T_{PLA} = a_T \Delta_{PLA}; \quad T_{Lg} = a_T \Delta_{Lg}; \quad \Delta_{gA} = (\Delta_{PLA} - \Delta_{Lg}) / n_g. \quad (5)$$

Плотность лептонов $\Omega_{\tau L}$ вносит дополнительный вклад в восприимчивость χ_{AJ} . Это приводит к появлению новой восприимчивости $\chi_{AJL} = 0.189574711$, которая связана с энергетической щелью $\Delta_{AJL} = 53.08964851 \text{ мэВ}$, температурой $T_{AJL} = 308.0674666 \text{ К}$ соотношениями

$$\chi_{AJL} = (1 + 2\Omega_{\tau L}) \chi_{AJ}; \quad \Delta_{AJL} = \chi_{AJL} \varepsilon_{HG}; \quad T_{AJL} = a_T \Delta_{AJL}. \quad (6)$$

С другой стороны, учет дополнительного вклада от плотности лептонов приводит к перенормировке основных параметров из (6) на энергетическую щель $\Delta_{PLB} = 55.01698782 \text{ мэВ}$, эффективную температуру $T_{PLB} = 319.2513895 \text{ К}$, полевую щель $\Delta_{gB} = 82.92601625 \text{ мкэВ}$ по формулам

$$\Delta_{PLB} = \chi_{AJL} \varepsilon_{PLA}; \quad T_{PLB} = a_T \Delta_{PLB}; \quad \Delta_{gB} = (\Delta_{PLB} - \Delta_{Lg}) / n_g. \quad (7)$$

Из выражений (5) – (7) следует, что изменения эффективной восприимчивости активных объектов приводят к изменениям температур (T_{PLA} на T_{PLB}), полевых щелей (Δ_{gA} на Δ_{gB}). Этот эффект можно использовать для создания высокочувствительных сенсоров.

Заключение. Кварк-глюонная модель позволяет получить оценки основных характеристик: составных частиц типа агрегатов; наночастиц и наночаек, которые образуют муаровые сверхрешетки в материалах с фрактальной структурой. Такие материалы можно использовать для создания высокочувствительных сенсоров в квантовой электронике.

Список литературы

1. Xiong R. Correlated insulator of excitons in WSe₂/WS₂ moiré superlattices / R. Xiong, J. Nle, S. Brantly et.al. // Science. – 2023. – No 380. – P. 860-864.
2. Popov I.I. Investigation of Relaxation in Quantum Dot Ensembles in Thin Semiconductor Films by Photon-Echo Technique /I.I. Popov, N.S. Vashurin, S.E. Putilin et. al. // Physics of Wave Phenomena. – 2015. – V. 23, No 2. – P.1-4.
3. Изотов А.И. Электрические свойства контакта металл-графитоподобная пленка /А.И. Изотов, Г.В. Кильман, В.В. Сироткин, Р.В. Шалаев // ФТВД. – 2022. – Т. 32, № 3. – С. 76- 81.
4. V.S. Abramov, In book Springer Proceedings in Complexity 15th Chaotic Modeling and Simulation International Conference, (Eds. C.H. Skiadas, Y. Dimotikalis). Springer Nature Switzerland AG 2023. P. 1-14.
5. Абрамов В.С. Тетранейтронный резонанс и релятивистские джеты в кварк-глюонной модели / В.С. Абрамов // Вестник Донецкого национального университета. Сер. А: Естественные науки. – 2023. – № 1 – С. 58-69.
6. Абрамов В.С. Световое эхо на системе металлических агрегатов / В.С. Абрамов, У.Х. Копвиллем // Изв. АН СССР. Сер. физ. – 1973. – Т. 37, № 10. – С. 2198-2202.

ЭКСИТОНОПОДОБНЫЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ В НЕИДЕАЛЬНОЙ 1D ФОТОННОЙ СТРУКТУРЕ – ЦЕПОЧКЕ ПОР

Безус Ю.А.¹, Недёркин В.В.², Федоров С.А.¹, канд. физ.-мат. наук,
Румянцев В.В.^{1,2}, д-р физ.-мат. наук, проф.

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

²ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

paladyan0108@yandex.ru

Введение. Появление новых оптоэлектронных устройств, использующих различные приложения современной фотоники, начиная от сбора света нанофотонными волноводами до квантовой обработки информации, предполагает формирование соответствующих нанокompозитных материалов, как источников когерентного излучения. В частности, в последнее время большой интерес проявляется к фотонным решеткам Лайеба [1], обеспечивающих сильное удержание света таких кристаллических системах и открывающих пути для разработки новых схем захвата света. Привлекательными объектами для целей квантовой обработки информации может быть массив микропор – микрорезонаторов.

Интенсивно развивается фотоника несовершенных структур. Проведенные в рамках неидеальной фотоники исследования показали, что введением в исследуемый объект определенных дефектов можно добиться необходимых изменений энергетического спектра элементарных электромагнитных возбуждений и оптических его свойств, обусловленных перестройкой структуры [2].

Цель. В связи с вышесказанным возникает необходимость исследовать квазичастичные (экситоноподобные) возбуждения в одном из типов пористых структур – в неидеальной цепочке микропор. В частности, целью данной работы является изучение особенностей дисперсии экситоноподобных возбуждений в неидеальной 1D пористой структуре со случайной вариацией расстояний между порами.

Основная часть. На основе общей теории [2] рассмотрим электромагнитные возбуждения в двухподрешеточной 1D решетке микрорезонаторов (см. рис. 1) – так называемые экситоноподобные возбуждения [3]. Дисперсионные соотношения квазичастичных возбуждений в исследуемой пористой структуре весьма схожи с экситонами Френкеля в молекулярных кристаллах, поэтому данный тип элементарных электромагнитных возбуждений естественно называть экситоноподобным. Заметим, что никаких переходов в электронной подсистеме при этом не происходит.

Рассмотрим случай неидеальной решетки пор с переменным периодом $d = a_1^v + a_2^u$. Здесь a_1^v, a_2^u – варьируемые положения микропор соответственно в первой и второй подрешетках (нижний индекс, 1 или 2,

отражает номер подрешетки, верхние индексы ν, μ обозначают положение соответствующего резонатора в ячейке, которые также могут принимать значения 1 или 2) (см. рис. 1). Период виртуальной решетки в данном случае имеет вид:

$$\langle d \rangle = \langle a_1^\mu \rangle + \langle a_2^\nu \rangle = C_1^{(1)} a_1^{(1)} + C_1^{(2)} a_1^{(2)} + C_2^{(1)} a_2^{(1)} + C_2^{(2)} a_2^{(2)}, \quad (1)$$

где $C_{1(2)}^{1(2)}$ – концентрация соответствующих положений микропор a_1^ν, a_2^μ .

Причем $C_1^{(1)} + C_1^{(2)} = 1, C_2^{(1)} + C_2^{(2)} = 1$, следовательно

$$C_1^{(2)} = 1 - C_1^{(1)} \equiv C_1, C_2^{(2)} = 1 - C_2^{(1)} \equiv C_2.$$

Таким образом, $\langle d \rangle = a_1(C_1) + a_2(C_2) \equiv d(C_1, C_2)$, где $a_1(C_1) = a_1^{(1)} + (a_1^{(2)} - a_1^{(1)})C_1, a_2(C_2) = a_2^{(1)} + (a_2^{(2)} - a_2^{(1)})C_2$.

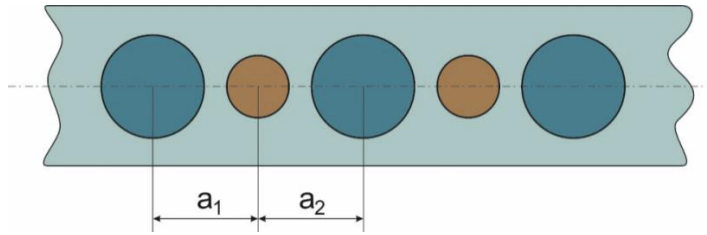


Рис. 1. Схема виртуальной решетки туннельно-связанных микропор (резонаторов), a_1, a_2 – положения микропор, полученные в результате конфигурационного усреднения с использованием приближения виртуального кристалла (ПВК) [4].

Диагонализация усредненного гамильтониана системы в приближении ближайших соседей при использовании ПВК-приближения приводит к системе линейных однородных уравнений, условием разрешимости которой является равенство нулю детерминанта:

$$\begin{vmatrix} \hbar\omega_1^{ph} - \hbar\Omega(k, C_1, C_2) & -A_{12}(k, C_1, C_2) \\ -A_{21}(k, C_1, C_2) & \hbar\omega_2^{ph} - \hbar\Omega(k, C_1, C_2) \end{vmatrix} = 0. \quad (2)$$

где $\omega_{\vec{n}_\alpha}^{ph}$ – частота фотонной моды электромагнитного возбуждения, локализованного в \vec{n}_α -ом узле (резонаторе), $A_{\alpha\beta}(k, C_1, C_2)$ – фурье-образы компонентов матрицы $\langle A_{n_\alpha m_\beta} \rangle$ резонансного взаимодействия туннельно-связанных микропор, соответствующие ближайшим соседям. В рамках используемой модели $A_{12} \approx A_{21} \gg A_{11}, A_{22}$. В результате решения уравнения (2) получаем спектр экситоноподобных возбуждений $\Omega(\vec{k})$ в исследуемой системе пор. Дисперсионные поверхности, описывающие зависимость частот $\Omega_\pm(k, C_1, C_2)$ исследуемых коллективных возбуждений от концентрации C_1, C_2 структурных дефектов (вариации положений микропор в первой и второй подрешетках) в неидеальной решетке микрорезонаторов представлены на рис. 2.

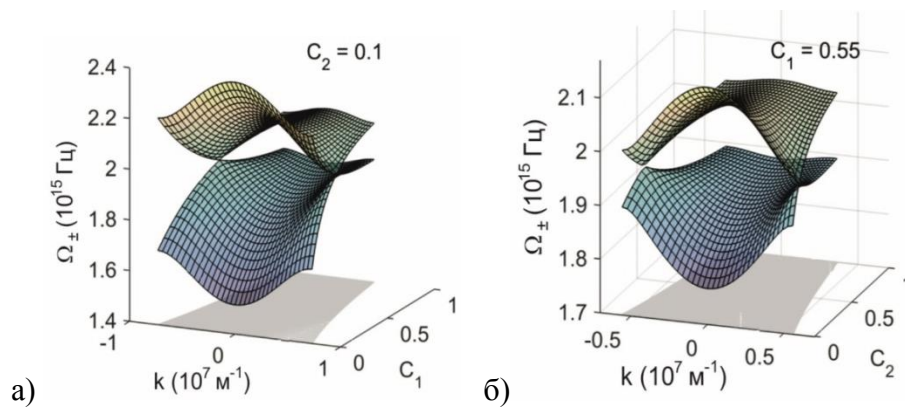


Рис. 2. Концентрационная зависимость $\Omega_{\pm}(k, C_1, C_2)$:

а) при $C_2 = 0.1$; б) при $C_1 = 0.55$

Закключение. Последние эксперименты и теоретические исследования демонстрируют повышенный интерес к разработке источников когерентного излучения и созданию соответствующих новых материалов на основе использования поляритонных структур, в частности, пространственно периодических систем связанных микрорезонаторов [5].

В настоящей работе в рамках ПВК-приближения выполнено численное моделирование и исследованы особенности спектра экситоноподобных возбуждений в двухподрешеточной 1D решетке микрорезонаторов, обусловленные случайной вариацией положений микропор. Анализ дисперсионных поверхностей, благодаря наличию локальных минимумов в спектре квазичастичных возбуждений $\Omega(\vec{k})$, указывает на наличие сингулярностей Ван Хова в плотности состояний данных элементарных возбуждений, которые, в частности, связаны с возможностью образования при определенных концентрациях дефектов структуры в исследуемой структуре бозе-эйнштейновского экситоноподобного конденсата.

Список литературы

1. Shiqi Xia, Ajith Ramachandran, Shiqiang Xia et al. Unconventional Flatband Line States in Photonic Lieb Lattices // *Phys Rev Lett.* – 2018. – V. 121, 263902.
2. Rumyantsev V.V., Fedorov S.A., Gumennyk K.V, Rybalka A.E. Features of light-matter coupling in non-ideal lattice of coupled microcavities containing quantum dots // *Condensed Matter.* – 2023, – V.8(2). – P. 41
3. Rumyantsev V.V, Fedorov S.A., Gumennyk K.V, Sychanova M., V., Kavokin A.V. Exciton-like electromagnetic excitations in non-ideal microcavity supercrystals // *Nature. Scientific Reports.* – 2014. – 4: 6945
4. Ziman M., *Models of disorder: The theoretical physics of homogeneously disordered systems*, Cambridge University Press, Cambridge (1979).
5. Kaliteevskii M. A. Coupled vertical microcavities // *Tech. Phys. Lett.* – 1997. – V. 23(2), P.120-121.

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Беличко Д.Р., канд. физ.-мат. наук,
Константинова Т.Е., д-р физ.-мат. наук, проф.,
Волкова Г.К., Малецкий А.В

ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк, РФ
danil.belichko@yandex.ru

Для керамических материалов на основе диоксида циркония характерны высокие значения прочности, твёрдости и износостойкости. Этот материал обладает высокой степенью биологической совместимости, химической инертностью и радиационной устойчивостью. Вышеуказанные факторы, наряду с наличием трансформационного упрочнения позволяет рассматривать этот материал в качестве конструкционного и функционального.

Одним из наименее изученных способов воздействия на диоксид циркония является воздействие на него ионизирующего и радиационного излучения. Тем не менее, существует ряд работ [1-3], показывающий, что в целом, деградация ZrO_2 при воздействии на него излучения не является существенной и сам материал достаточно радиационно-стойкий.

В настоящей работе были исследованы структура и свойства керамической системы $YSZnSi_2Al$ ($ZrO_2+Y_2O_3+nSiO_2+2wt\%Al_2O_3$, где $n=3,5,7,9$ wt%) при воздействии на него потока протонов. Синтез исследуемых нанопорошков осуществлялся методом обратного химического осаждения из растворов солей хлорида циркония, нитрата иттрия, кремнефтористоводородной кислоты и хлорида алюминия при комнатной температуре с последующей кристаллизацией материалов при $T=1000$ °С. Керамику из указанных порошков получали путём формования в стальных пресс-формах с последующим уплотнением в условиях высокого гидростатического давления, равного 400 МПа и дальнейшим спеканием на воздухе при $T=1500$ °С. Доза облучения керамики протонами составляла 10^{17} ед./см² с энергией равной 2 МэВ.

Исследования методом РФА показали, что в процессе синтеза исследованных нанопорошков и их консолидации в структуре керамики образуются включения в виде ортосиликата циркония (циркона) (рис.1). При этом количество образующегося включения увеличивается по мере роста концентрации оксида кремния в исходных компонентах.

Плотность в керамике снижалась с ростом концентрации циркона в керамике и при этом пористость образцов возрастала. Подобное поведение указанных характеристик обусловлено более низкой плотностью

ортосиликата циркония в сравнении с тетрагональным диоксидом циркония. Однако при этом, в керамической системе наблюдалось немонотонное увеличение прочностных характеристик: зависимости твердости, прочности и модуля упругости от концентрации SiO_2 показывают максимальные значения для образцов с 5 wt% SiO_2 в их составе и составляют: $E = 228 \text{ GPa}$, $Hv = 1273$, $\sigma = 882 \text{ MPa}$.

Упрочнение материала обусловлено тем, что образующиеся включения ортосиликата циркония являются некогерентными по отношению к матрице из тетрагонального диоксида циркония, что приводит к образованию напряжений в структуре керамики и как следствие, росту физико-механических свойств.

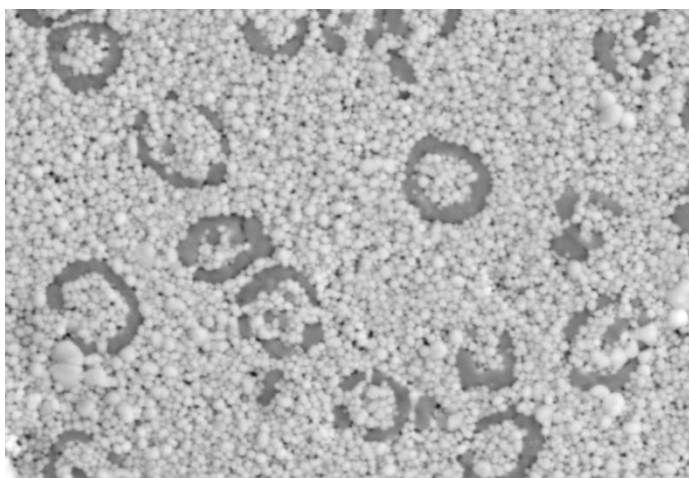


Рис. 1. Структура исследованной керамики YSZ5Si2Al с включениями на поверхности материала

При воздействии излучения протонов на материал наблюдаются изменения в его структуре. Отмечен рост пористости и как следствие, снижение общей плотности керамики (Рис.2)

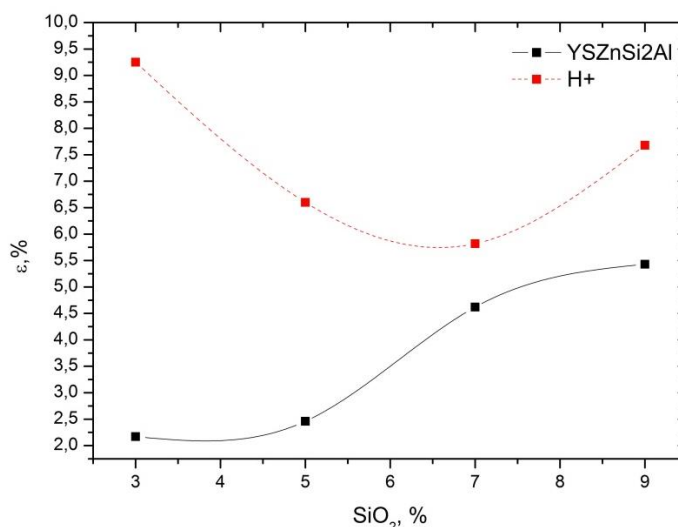


Рис. 2. Зависимость пористости в керамике от концентрации оксида кремния: черный – исходные образцы, красный – при воздействии облучения

На рис. 3 представлена зависимость твёрдости по Виккерсу керамики от концентрации оксида кремния до и после воздействия облучения.

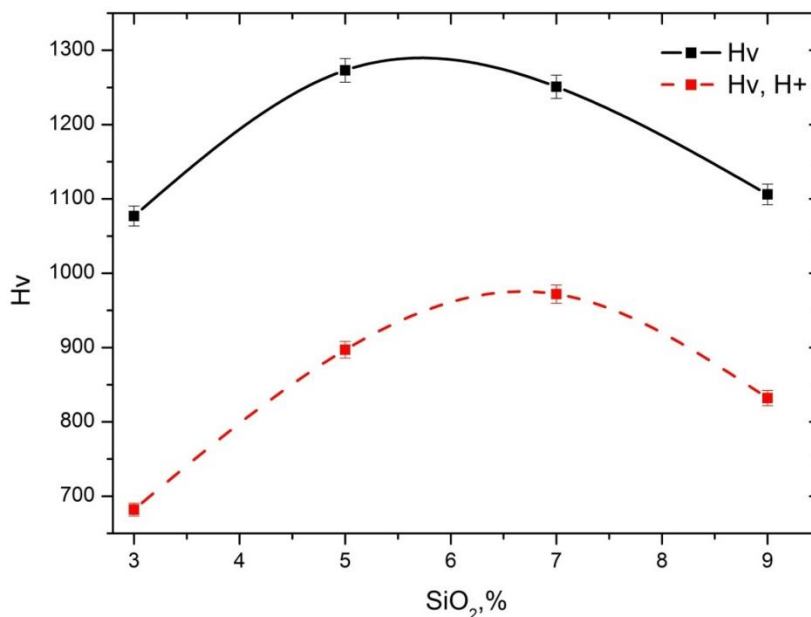


Рис. 3. Зависимость твёрдости по Виккерсу в керамике от концентрации оксида кремния: черный – исходные образцы, красный – при воздействии облучения

Опираясь на экспериментальные факты, можно заключить, что воздействие потока протонов в структуре керамики связано, с одной стороны с образующимися порами, с другой стороны с релаксацией напряжений вызванных некогерентными включениями циркона. При этом важно отметить, что растущая пористость может служить местом для концентрации образующегося в ходе облучения гелия. Это позволит предотвратить радиационное разбухание материала и увеличить сферу его технического применения.

Список литературы

1. Manzini A.M. The radiation response of mesoporous nanocrystalline zirconia thin films / A.M. Manzini, M.A. Alurralde, G.Gimenez, V.Luca // Journal of Nuclear Materials. – 2016. – V.492. – P. 175-186. – Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnucmat.2016.10.019>.
2. Rabone J. DFT-based Metadynamics simulation of proton diffusion in tetragonal zirconia at 1500 K / J. Rabone, P.V.Uffelen // Journal of Nuclear Materials. – 2015. – V.459. – P. 30-36. – Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnucmat.2015.01.002/>
3. Barbour O. Ab-initio calculations of hydrogen diffusion coefficient in monoclinic zirconia / O. Barbour, J. P. Crocombette, T. Schuler, M. Tupin // Journal of Nuclear Materials. – 2020. – V.539. – P. 152-163. – Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2020.152333>.

ПРОБЛЕМЫ ОТКРЫТИЙ В ОБЛАСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Буряк Е.В.¹, Гаврилова А.С.²

¹ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург, РФ

² Гуманитарно-педагогическая академия (филиал) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» в г. Ялте
katerina164613@gmail.com, agavri1ova@mail.ru

Введение. Теоретическая физика – способ познания природы, который происходит через создание математических моделей явлений, и сопоставлении этих моделей с реальностью. На пути изучения и создания открытий возникают проблемы, которые свойственны не только данному направлению физики, а науке в целом.

Цель работы – обозначить направление развития теоретической физики и найти причины, осложняющие процесс открытий.

Основная часть. Теоретическая физика подразумевает изолированный метод изучения природы, физики при доказательстве основополагающих законов не используют опыт и эксперимент, но, безусловно, руководствуются природными постулатами, а также опираются на доказанные теории. [1]

Теоретическая физика принимает за постулат математическую модель и изучает ее предполагаемые свойства. Продуктом является физическая теория. Фундаментальные физические теории строятся с нуля. Для построения теории необходимо выбрать математическую модель. Часто для построения теории нужен новый математический аппарат – это необходимость, ведь новые теории обычно строятся в тех областях, где все прошлые проявили свою несостоятельность в описании природы.

Примеры новых физических теорий [2]:

– Классическая механика Ньютона – преобразования просты и интуитивны; введение производной и пределов;

– Специальная теория относительности Эйнштейна – учитывание скорости света; построена на имеющемся математическом аппарате;

– Общая теория относительности Эйнштейна – связывает силу тяжести с изменяющейся геометрией пространства-времени;

– Квантовая механика – явления, соизмеримые с величиной постоянной Планка

– М-теория.

М-теория – теория, объединяющая все варианты теории струн. Ее основная задача – синтезировать Общую теорию относительности и Квантовую механику. О существовании М-теории давно подозревают, но пока ее не удалось сформулировать. Главная проблема теоретических физиков –

объединение всех фундаментальных взаимодействий, такие как гравитационное, электромагнитное, слабое и сильное, в единую теорию. [3]

Проблема построения теории заключается в принципе неопределенности и искривлении пространства-времени. Если мы возьмем более точный объем частицы, то будет увеличиваться неопределенность импульса частицы. С ростом импульса растет гравитационный заряд, а по Общей теории относительности пространство-время сильнее искривляется.

Таким образом, на данный момент в теоретической физике происходят поиски путей построения М-теории. Существует предположение, что для построения данной теории еще не изобретен математический аппарат.

Стоит обратить внимание на общее развитие науки, это позволит прояснить проблему открытий в теоретической физике. На данный момент в мире популярна тенденция роста ученых. Каждые пять лет ученых становится на 20 % больше. Соответственно, вырастает и число опубликованных трудов, большая часть которых имеет обзорный характер и не приносит никакого вклада в общее дело. Также значительное влияние на обстоятельство дел в науке в настоящее время оказывают модные течения, которые моментально притягивают множество ученых, но стоит появиться более престижному течению, сразу же наблюдается смещение интересов ученых, в результате мир получает множество пустых по содержанию статей. [4]

Так, например, в 1970-ых годах бурно развивалось изучение спиновых стекол – это сплавы марганца в меди или железа в золоте с магнитной структурой, в которых некоторые атомы хаотично ориентированы в пространстве. Интерес к этим сплавам был вызван их необычностью: в сплавах происходило неизвестное магнитное упорядочение, которое нельзя было описать, как ферромагнитное или антиферромагнитное. В течение 10 лет происходили изучения спиновых стекол, а в 1986 году учеными Беднорцем и Мюллером была открыта высокотемпературная сверхпроводимость, что способствовало тому, что произошел отток ученых из области спиновых стекол в область высокотемпературной сверхпроводимости. Из-за моды на сверхпроводимость спиновые стекла потеряли значительное количество исследователей. Не плохо, когда меняется вектор в науке, но, когда массы людей кидаются моментально в модную область, это значительно ухудшает качество науки и не приносит должный результат ни в одной из областей. [5]

Также существует проблема, вызванная с публикацией в высокорейтинговых журналах. Кураторы зачастую диктуют ученым делать красивые открытия, им безразлично установлена научная истина или нет. Занятие наукой должно руководствоваться поиском научной истиной, а не желаниям различных журналов.

Главной причиной такого расположения дел является отсутствие наукоемкой промышленности. На данный момент промышленность

полностью довольствуется результатами научной деятельности 30-летней давности, и даже их еще не успела освоить в полной мере. Также стоит заметить, что достижения в науке за последние 30 лет до сих пор не вошли в курсы физических специальностей университетов. К примеру, основы современной теории конденсированного состояния металлов были сформулированы в 1950-ые годы. Только несколько лет назад элементы этих открытий были введены в конец курса общей физики МФТИ по инициативе нескольких молодых ученых. В университетах преподается общая физика, что, безусловно, важно, но при этом не остается времени для преподавания материала о новых открытиях, которые очень важны. Изучение новых открытий становится возможным только в рамках прохождения спецкурсов и усердного изучения трудов истинных ученых, а не ученых, публикующих пустые, без информативные статьи.

Складывается плачевная ситуация в науке: происходит большой рост кадров, занятых научной деятельностью, но при этом значительно снижается качество научной деятельности, проявляющееся в множествах трудах этих людей. [4]

Сейчас набирает обороты различная имитационная деятельность, причиной которой является отсутствие реального запроса на научные знания от промышленного комплекса. Наука стала частным интересам людей, которые заняты поиском научных истин.

Заключение. Таким образом, создание физических теорий крайне сложный процесс, требующий квалифицированных кадров, а самое главное – время. Следующим огромным скачком в теоретической физике будет, безусловно, построение М-теории. Для осуществления открытия необходимо построить абсолютно новый математический аппарат, что является отнюдь не легкой задачей. «Мода на науку» и отсутствие спроса со стороны промышленности на научные достижения влекут рост количества задействованных ученых, однако при отсутствии их значимого вклада в науку. На сегодняшний день главной задачей является сохранение и приумножение истинных ученых, занимающихся наукой ради познания истины.

Список литературы

1. Википедия Теоретическая физика / Википедия [Электронный ресурс] // Internet archive Wayback Machine., 2015, URL: https://web.archive.org/web/20150323032729/https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%84%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0 (дата обращения: 19.09.2023).
2. Карасова, И.С. Фундаментальные физические теории в школе: учеб. пособие / И.С. Карасова, М.В. Потапова, П.В. Пекин. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2016-336 с. – ISBN 978-5-906777-72-0
3. Бурнаева, В. Д. Теория суперструн: граница науки или расширение ее границ? / В. Д. Бурнаева // Конкуренентоспособность территорий : Материалы XX Всероссийского экономического форума молодых ученых и студентов. В 8-ми частях, Екатеринбург,

27–28 апреля 2017 года / Ответственные за выпуск Я.П. Силин, Е.Б. Дворядкина. Том Часть 4. – Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2017. – С. 64-66. – EDN YOQDRD.

4. Спиновые стекла / И. Я. Коренблит, Е. Ф. Шендер. – Москва : Знание, 1984. – 64 с. : ил. – (Новое в жизни, науке, технике).
5. Реального хай-тека в России практически нет // Огонек : общенациональный еженедельный иллюстрированный журнал / АО "Коммерсантъ". – Москва : Коммерсантъ, 2019. №23.

УДК 537.61

НАПРЯЖЕННОСТЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ, СОЗДАВАЕМАЯ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

Губарев А.А., Легенький Ю.А.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
Gubarev_A_A_@mail.ru

Введение. Перемещение магнитно маркированных клеток над поверхностью плёнки с прямоугольной доменной структурой (ПДС) является актуальной проблемой. Для расчёта движения необходимо знание напряжённости, создаваемой ПДС, для которой были предложены различные варианты формул [1, 2].

Целью данного исследования был вывод и сравнение выражений для магнитной напряжённости над поверхностью плёнки с ПДС.

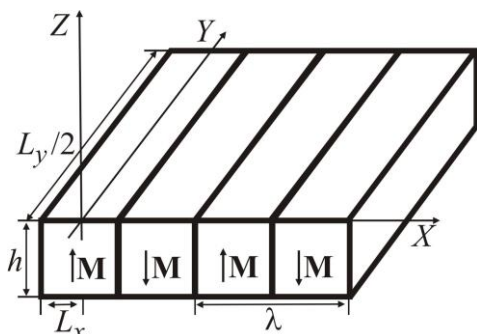


Рис. 1. Система координат

Основная часть. Обозначим период ПДС через λ . Выберем систему координат так, чтобы плоскость XU совпадала с поверхностью плёнки, ось Z была направлена вонне пленки и перпендикулярно к ней, а ось Y была направлена вдоль доменов. Вдоль оси Y первый домен занимает область от $-L_y$

до L_y , а вдоль оси X – от $-L_x$ до L_x . Обозначим через $\mathbf{r}' = (x', y', z')$ «текущий» радиус-вектор (в дальнейшем переменная интегрирования), а через $r = (x, y, z)$ – точку наблюдения поля.

Получим выражение напряжённости создаваемой первым доменом в отсутствии остальных доменов. Напряженность \mathbf{H} может быть найдена по формуле $\mathbf{H} = -\nabla\psi$, где ψ решение уравнения

$$\Delta\psi = \text{div } \mathbf{M},$$

удовлетворяющее условиям на границе разрыва

$$\mathbf{n} \times \mathbf{H}_1 = \mathbf{n} \times \mathbf{H}_2, \quad \mathbf{n} \cdot \mathbf{B}_2 = \mathbf{n} \cdot \mathbf{B}_1.$$

Решение этого уравнения можно записать в виде

$$\psi(r) = \frac{1}{4\pi} \int_{\Omega_M} \mathbf{M}(r') \nabla_{r'} \frac{1}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} dV. \quad (1)$$

В этом исследовании предполагается, что вектор намагниченности не зависит от координат в пределах домена и направлен вдоль оси Oz ($M = |M|$). В этом случае (1) можно записать в виде

$$\psi(r) = \frac{M}{4\pi} \int_V \frac{z - z'}{\left[(x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2 \right]^{3/2}} dx' dy' dz' \quad (2)$$

Интегрируя (2) и устремляя L_y к бесконечности, получим, что напряженность в области над плёнкой, создаваемой первым доменом, может быть записано в виде

$$H_x = -\frac{M}{4\pi} \ln \left[\frac{(x - L_x)^2 + z^2}{(x + L_x)^2 + z^2} \cdot \frac{(x + L_x)^2 + (z + h)^2}{(x - L_x)^2 + (z + h)^2} \right] \quad (3)$$

$$H_z = -\frac{M}{2\pi} \left(\arctg \frac{x - L_x}{z} - \arctg \frac{x + L_x}{z} - \arctg \frac{x - L_x}{z + h} + \arctg \frac{x + L_x}{z + h} \right) \quad (4)$$

Если не учитывать влияние напряженности создаваемой одним доменом на состояние других доменов, пренебречь переходными областями между доменами (доменными стенками), то общую напряженность можно записать в виде

$$\mathbf{H}(x_0, y_0, z_0) = \sum_{k=0}^{n-1} \mathbf{H}_k(x_0 - k\lambda, z_0), \quad (5)$$

где \mathbf{H}_k – напряжённость, создаваемая k -ым доменом.

Другой способ получения выражений для напряжённости магнитного поля над ПДС (с бесконечным числом доменов), при отсутствии внешнего магнитного поля, состоит в решении двумерного уравнения Лапласа в областях однородности вещества (над плёнкой, в плёнке и ниже плёнки). Рассмотрим плоскую (двумерную задачу) задачу. Условия на границах $z = 0$ и $z = -h$

$$-\psi'_x(x, -0) = \psi'_x(x, +0), \quad -\psi'_x(x, -h + 0) = \psi'_x(x, -h - 0), \quad (6)$$

$$-\psi'_z(x, -0) + M(x) = -\psi'_z(x, +0), \quad \psi'_z(x, -h + 0) + M(x) = -\psi'_z(x, -h - 0). \quad (7)$$

Сместим вдоль оси X рассмотренную выше систему координат, так чтобы первый домен с направлением вектора намагниченности вдоль положительной полуоси Z лежал вдоль оси X на промежутке от нуля до $\lambda/2$. Решение можно найти методом разделения переменных

$$\psi_n(x, z) = X_n(x)Z_n(z).$$

В силу уравнения Лапласа это приводит к виду

$$X_n = A_n \sin \alpha x + B_n \cos \alpha x, \quad Z_n = C_n e^{\alpha z} + D_n e^{-\alpha z}.$$

В области над плёнкой частные решения должны стремиться к нулю при $z \rightarrow \infty$, а на поверхности плёнки, в силу нечётности $M(x)$, разлагаться в ряд Фурье только по синусам. Аналогично в области ниже плёнки частные решения должны стремиться к нулю при $z \rightarrow -\infty$. Это приводит к выражениям

$$H_x = - \sum_{k=0}^{\infty} \frac{2M}{(2k+1)\pi} \left(-e^{-\frac{(2k+1)\pi h}{d}} + 1 \right) \cos \frac{(2k+1)\pi x}{d} e^{-\frac{(2k+1)\pi z}{d}}, \quad (8)$$

$$H_z = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{2M}{(2k+1)\pi} \left(-e^{-\frac{(2k+1)\pi h}{d}} + 1 \right) \sin \frac{(2k+1)\pi x}{d} e^{-\frac{(2k+1)\pi z}{d}}. \quad (9)$$

Для вычисления сумм рядов эти выражения можно объединить в одно $Z \equiv H_x - iH_z$. Используя разложения $\ln(1+u)$ и $\ln(1-u)$ по степеням u , получим

$$Z = \frac{M}{\pi} \left[\ln \frac{1 - e^{-\frac{2\pi(x+iz)}{\lambda}}}{1 + e^{-\frac{2\pi(x+iz)}{\lambda}}} - \ln \frac{1 - e^{-\frac{2\pi(x+i(z+h))}{\lambda}}}{1 + e^{-\frac{2\pi(x+i(z+h))}{\lambda}}} \right], \quad (10)$$

$$H_x = \operatorname{Re} Z, \quad H_z = -\operatorname{Im} Z. \quad (11)$$

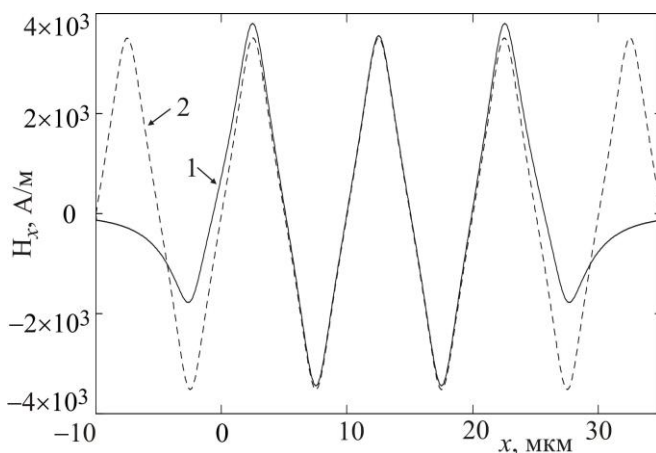


Рис. 2. Зависимость H_x от x :
линия 1 – вычисление по формуле (5), 2 – по (11)

Численные расчёты показали, что значения найденные по формулам (5) и (11) стремятся в средней части ПДС друг к другу при увеличении n . На рис. 2 приведены зависимости H_x от координаты x для значения $z = 1$ мкм (значений параметров: $M = 10000$ А/м, $h = 4$ мкм, $\lambda = 10$ мкм, $n = 6$), рассчитанные по формуле (5) и формуле (11).

Выводы. Полученные в работе выражения для напряженности магнитного поля согласуются между собой. Выражение (10) в два раза меньше величины, приведенной в [1] в предположении отсутствия внешнего поля.

Исследование проводилось по теме государственного задания (№ госрегистрации 1023031300005-4-1.6.7).

Список литературы

1. Straube, A.V. Synchronous vs. asynchronous transport of a paramagnetic particle in a modulated ratchet potential. / Arthur V. Straube, Pietro Tierno // EPL. – 2013. – V.103, N. 2. – p. 2801-p1–2801-p6. DOI: <https://doi.org/10.1209/0295-5075/103/28001>.
2. Джежеря, Ю.І. Використання елементів доменних структур феритгранатових плівок у транспортуванні магнітних мікрочастинок. / Ю.І. Джежеря, О.П. Кузь, Н.П. Дроба // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2009. – № 5. – С. 139–144.

УДК: 537.311.4

НЕКОТОРЫЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕРЕХОДА “МЕТАЛЛ-УГЛЕРОДНАЯ ПЛЕНКА”

Изотов А.И., Сироткин В.В., Шалаев Р.В., канд. физ.-мат. наук
ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, РФ
sharos@donfti.ru

Введение. В последнее время активно исследуются полупроводниковые углеродные материалы [1-2], обладающие зачастую более выдающимися свойствами, чем классические полупроводники. Традиционная кремниевая платформа уже 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. В частности, из-за более высокой подвижности зарядов, а, следовательно, высокого быстродействия.

В связи с вышеперечисленным, довольно актуальной задачей является исследование перехода “металл-углерод”, который может демонстрировать интересные контактные явления. В данной работе рассмотрены некоторые электрические свойства такого контакта в зависимости от температуры.

Основные результаты. Образцы для исследований были получены методом магнетронного распыления графита в атмосфере аргона [3]: углеродные пленки наносились на подложки из диэлектрика и различных металлов (титан, сталь, ниобий и пр.). 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 методом резистометрии в термокамере в диапазоне от 20 °C до 150 °C. 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 (вдоль направления роста пленки) измерялась в пленках, напыленных именно на металлические подложки: в структуре “подложка–углеродная пленка–измерительный контакт”. Исследовались температурные зависимости сопротивления углеродных пленок и вольт-амперные характеристики (ВАХ) контакта “металл-углерод” при различных температурах. Графическим путем оценивалась ширина запрещенной зоны полученных пленок.

Как показано в работе, температурная зависимость сопротивления пленок носит классический полупроводниковый характер – сопротивление уменьшается с ростом температуры. Таким образом, очевидно, что в результате работы мы получаем контактный переход “металл-полупроводник”, который и является предметом исследования. Рассмотрим некоторые особенности таких контактов при различных температурах.

На рисунке 1 приведены вольт-амперные характеристики контакта “ниобий-углерод” при комнатной температуре и под нагревом. Видно, что ВАХ имеют симметричную линейную зависимость, характерную для омического контакта. Также наблюдается контактная разность потенциалов при нагреве перехода до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис.1(б)), обусловленная разницей работы выхода материалов, из которых состоит переход. Данное свойство может быть интересным в некоторых прикладных областях, что позволяет говорить о перспективности дальнейших исследований в этом направлении.

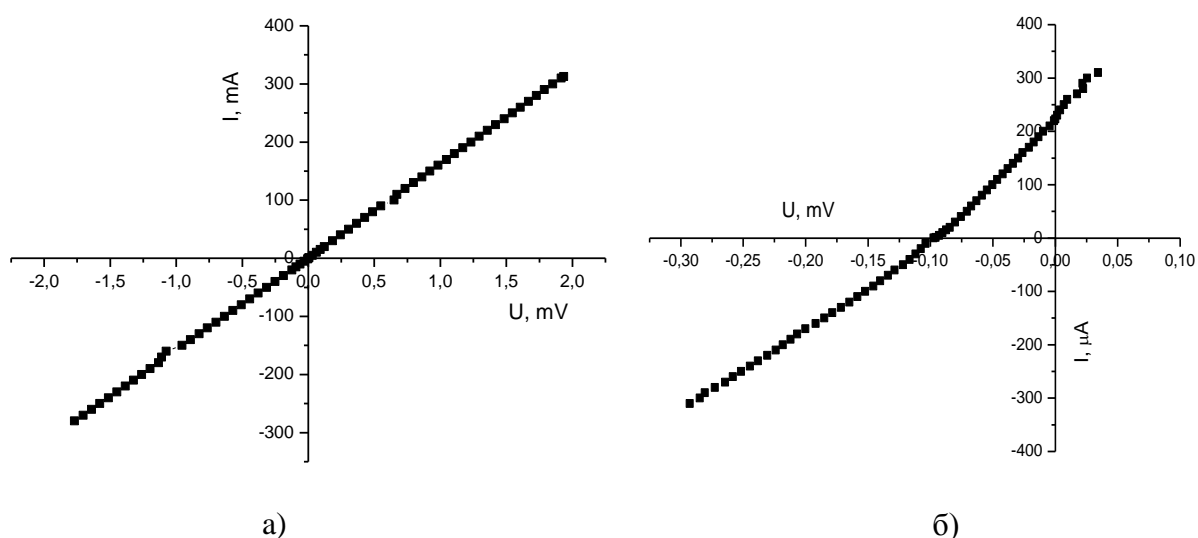


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики контакта “ниобий-углерод” при комнатной температуре (а) и при нагреве 100°C (б)

Также повторно исследовались ВАХ контактных переходов “титан-углерод”, полученных некоторое время тому назад (более полутора лет).

Исходный переход, как было показано в работе [3] демонстрировал нелинейную и несимметричную ВАХ и, следовательно, обладал выпрямляющими свойствами потенциального барьера Шоттки. Из рис. 2 видно, что ВАХ данного перехода по прошествии времени имеет симметричную нелинейную зависимость, также характерную для омического контакта.

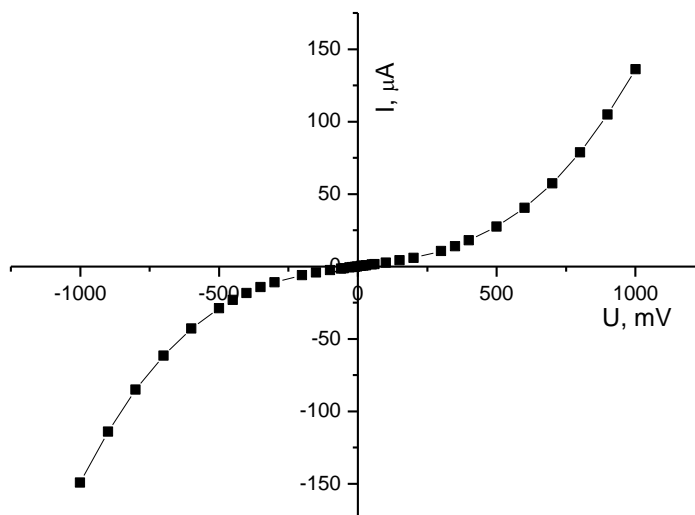


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика контакта “титан-углерод”, полученного 1,5 года назад.

Заключение. Исследования термоэлектрических свойств переходов “металл-углеродная пленка” демонстрируют зависимость, характерную для омического контакта, и наличие контактной разности потенциалов при нагреве перехода. Также показано, что со временем характеристики подобных контактов могут меняться: происходит деградация перехода и исчезновение выпрямляющих свойств, наблюдаемых ранее.

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.
3. Изотов, А.И. Электрические свойства контакта металл-графитоподобная пленка / А.И. Изотов, Г.В. Кильман, В.В. Сироткин, Р.В. Шалаев // ФТВД. – 2022. – Т. 32, №3. – С. 76-80.

ОДНОМЕРНЫЕ ФОТОННЫЕ КРИСТАЛЛЫ КАК УЗКОПОЛОСНЫЕ ФИЛЬТРЫ

Исмагилов Р.Г., канд. физ.-мат. наук, доц.

ФГКВОУ ВО «Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи
имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного»,
г. Санкт-Петербург, РФ
ravismagilov@yandex.ru

Введение. Брэгговские отражатели широко используются в волоконной оптике, интегральной оптике [1], в частности, как элементы полупроводниковых лазеров. Эти эффективные отражатели состоят из периодической системы прозрачных диэлектрических слоев с различными показателями преломления, и поэтому могут рассматриваться как одномерные фотонные кристаллы. Характерной особенностью фотонных кристаллов является наличие запрещенных зон – диапазонов частот, для которых распространение электромагнитной волны в кристалле невозможно, волна быстро затухает. Именно это свойство и используется в брэгговских отражателях. Также известно, что вблизи дефектов в фотонных кристаллах могут быть локализованы электромагнитные волны, и в трехмерных фотонных кристаллах дефекты могут выполнять функции резонаторов или фотонных "проводок".

Дефекты в одномерном фотонном кристалле (это слои, свойства которых отличаются от слоев кристалла) могут приводить к возникновению в его запрещенной зоне узкого интервала частот, в котором кристалл становится прозрачным. Таким образом, фотонный кристалл также может быть использован как узкополосный фильтр.

Основная часть. Рассмотрим среду, состоящую из параллельных чередующихся слоев с показателями преломления n_1, n_2 и толщиной d_1, d_2 . На эту систему по нормали падает свет с длиной волны λ . Тогда в такой решетке возникают как прямая волна, распространяющаяся в направлении падающей волны, так и отраженная волна:

$$E_m = E_{mT}e^{ik_ix} + E_{mR}e^{-ik_ix}, \quad H_m = H_{mT}e^{ik_ix} + H_{mR}e^{-ik_ix}.$$

где E_m, H_m – амплитуды напряженностей электрического и магнитного полей, k_1 и k_2 волновые числа (зависят от четности слоя), m – номер слоя. При этом, на каждой границе должны выполняться условия непрерывности тангенциальных компонент электрического и магнитного полей. Также для волны, распространяющейся в кристалле необходимо потребовать выполнения свойства квазипериодичности (сдвиг на период приводит к появлению фазового множителя e^{ik_ix}). В итоге, должно выполняться условие

$$\cos(\chi) = \cos\left(\frac{2\pi n_1 d_1}{\lambda}\right) \cos\left(\frac{2\pi n_2 d_2}{\lambda}\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{n_1}{n_2} + \frac{n_2}{n_1}\right) \sin\left(\frac{2\pi n_1 d_1}{\lambda}\right) \sin\left(\frac{2\pi n_2 d_2}{\lambda}\right) = \frac{C(\lambda)}{2}$$

которое определяет возможные значения длин волн и границы запрещенных зон (им соответствуют значения $\cos(\chi)=\pm 1$).

Кроме квазипериодических решений с вещественным значением χ , существуют решения с мнимым значением $\chi=i\alpha$, для которых параметр $\mu=e^{i\chi}$ принимает вещественные значения и удовлетворяет уравнению

$$\mu^2 - C(\lambda)\mu + 1 = 0 \quad (1)$$

Два решения этого квадратного уравнения μ_1 и μ_2 взаимно обратны, $\mu_1\mu_2=1$, так что если амплитуды первого решения увеличиваются при сдвиге на период вдоль оси x , то амплитуды второго решения уменьшаются. Параметр μ показывает, во сколько раз изменяются амплитуды решения при сдвиге на период кристалла. К тому же амплитуды прямой и отраженной волн в каждом решении связаны соотношениями:

$$E_{mT}^{(1)}(b_{11} - 4\mu_1) + E_{mR}^{(1)}b_{12} = 0, \quad E_{mT}^{(2)}(b_{11} - 4\mu_2) + E_{mR}^{(2)}b_{12} = 0, \\ \mu_1 > 1, \quad \mu_2 < 1. \quad (2)$$

Значения μ вещественны, если функция $|C(\lambda)|>2$, поэтому рассматриваемые решения соответствуют длинам волн из запрещенной зоны.

Решения $E^{(1)} = (E_{mT}^{(1)}, E_{mR}^{(1)})$, $E^{(2)} = (E_{mT}^{(2)}, E_{mR}^{(2)})$ позволяют построить решение волнового уравнения, локализованное вблизи дефектного слоя.

Пусть дефектный слой занимает интервал $[0, d_0]$ и имеет показатель преломления n_0 . Тогда при $x<0$ решение совпадает с $E^{(1)}$ и стремится к нулю при $x\rightarrow-\infty$, при $x>d_0$ решение совпадает с $E^{(2)}$ и стремится к нулю при $x\rightarrow\infty$, а внутри слоя решение имеет вид $E_m^{(0)} = E_{mT}^{(0)}e^{ik_0x} + E_{mR}^{(0)}e^{-ik_0x}$. Условия непрерывности тангенциальных компонент электрического и магнитного полей на границах слоя дают четыре уравнения, еще два уравнения – это условия (2). Таким образом, получаем систему шести однородных уравнений на шесть амплитуд. Условие разрешимости этой системы уравнений (обращение в ноль детерминанта) исследовалось численно при различных значениях параметров.

На рис. 1 показан график функции $C(\lambda)$, видно, что условие $|C(\lambda)|>2$ выполнено в узком диапазоне около $\lambda=0,675$ мкм. Этот диапазон соответствует одной из запрещенных зон фотонного кристалла.

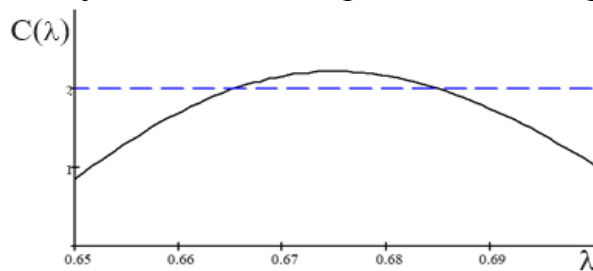


Рис. 1

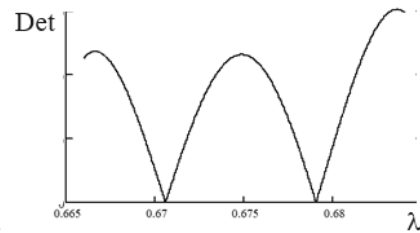


Рис. 2

На рис. 2 показан график модуля определителя системы уравнений в зависимости от длины волны. Видно, что в запрещенной зоне имеются два решения $\lambda_1=0,6705$ мкм и $\lambda_2=0,678$ мкм, где определитель обращается в ноль. Этим длинам волн соответствуют локализованное вблизи дефектного слоя поле. Количество решений зависит в первую очередь от ширины слоя-дефекта d_0 .

Можно также посчитать коэффициент прозрачности системы, состоящей из одного дефектного слоя в окружении, например, 20 периодов кристалла (10 периодов по обе стороны). Для этого следует использовать метод, описанный в [2] [3].

В результате приходим к зависимости коэффициента прозрачности D от длины волны, показанной на рис. 3. Видно, что в запрещенной зоне появились два узких окна прозрачности, при этом длины волн этих окон соответствуют резонансным частотам, показанным на рис. 2.

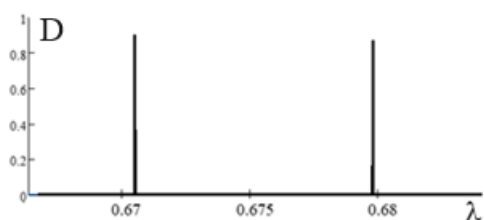


Рис. 3

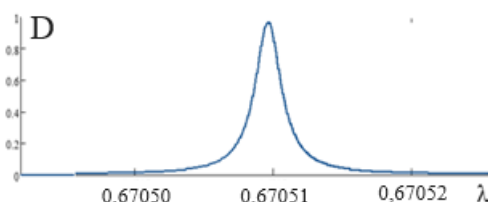


Рис. 4

На рис. 4 показана та же зависимость $D(\lambda)$, но в более мелком масштабе, что позволяет оценить ширину окна прозрачности (длины волн указаны в мкм).

Заключение. Показано, что появление дефектного слоя в одномерном фотонном кристалле может приводить к возникновению узких окон прозрачности в его запрещенной зоне, эти окна возникают ровно на тех длинах волн, для которых возможно локализованное вблизи дефекта решение, представлен метод расчета локализованных решений.

Список литературы

1. Варжель С.В., Волоконные брэгговские решетки: учеб. пособие / Варжель С.В. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 65 с.
2. Шабанов В.Ф., Ветров С.Я., Шабанов А.В. Оптика реальных фотонных кристаллов. Жидкокристаллические дефекты, неоднородности / Шабанов В.Ф., Ветров С.Я., Шабанов А.В. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2005. – 209 с. ISBN 5-7692-0737-X.
3. Исмагилов Р.Г., Расчет решеток Брэгга / Исмагилов Р.Г.// Научно-практическая конференция «Современные тенденции инженерного образования», – Санкт-Петербург, 2023 г., – С. 138-141.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОКСИДНЫХ НАНОПОРОШКОВ

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

ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им.А.А.Галкина», г. Донецк, РФ
miloslavskiy47@bk.ru

Введение. В последние годы в научной сфере, в частности в практике использования химических технологий, возник особый интерес к работам в области нанопорошков на основе оксидных соединений, которые стали довольно распространенным классом материалов благодаря их большой практической значимости и ценности.

Особое место среди оксидных нанопорошков занимает широко известный диоксид циркония, обладающий уникальным сочетанием физико-химических свойств и возможностями его использования в качестве катализаторов, сорбентов, сенсоров, элементов современной электроники, биомаркеров, лекарств, стимуляторов роста живых организмов, растений и т.п.

Основная часть. Технология химического синтеза оксидных нанопорошков, основанная на методе получения оксидов из водного раствора солей еще до образования кристаллов и применения физических воздействий (ультразвук, импульсное магнитное поле, СВЧ-обработка), обеспечивает создание нанопорошков широкого класса с высокими физико-химическими характеристиками. В основу технологии положено фундаментальное понимание и знание механизмов формирования наночастиц в условиях совместного осаждения. В этой связи речь идет о реализации следующих механизмов:

- на первом этапе происходит коллективная кристаллизация агрегатов частиц и распад полимеризованной матрицы аморфного гидроксида, что приводит к уменьшению размера частиц;
- на втором – ориентированный рост частиц, т.е. имеет место дискретный или квантованный механизм их роста;
- на третьем – объединение частиц за счет диффузии кислорода без образования перешейков;
- на четвертом – диффузионный рост при участии катионов и анионов в низкотемпературном диапазоне спекания.

При этом ориентационный мотив, имеющий место на всех этапах эволюции частиц в процессе нагрева, обуславливает высокую вероятность формирования совершенных границ с полностью совпадающими узлами соединяемых решеток зерен (рис.). Кроме этого, благодаря применению импульсно-волновых воздействий (СВЧ, импульсного магнитного поля, ультразвука) реализуется возможность управлять удельной поверхностью образующихся наночастиц.

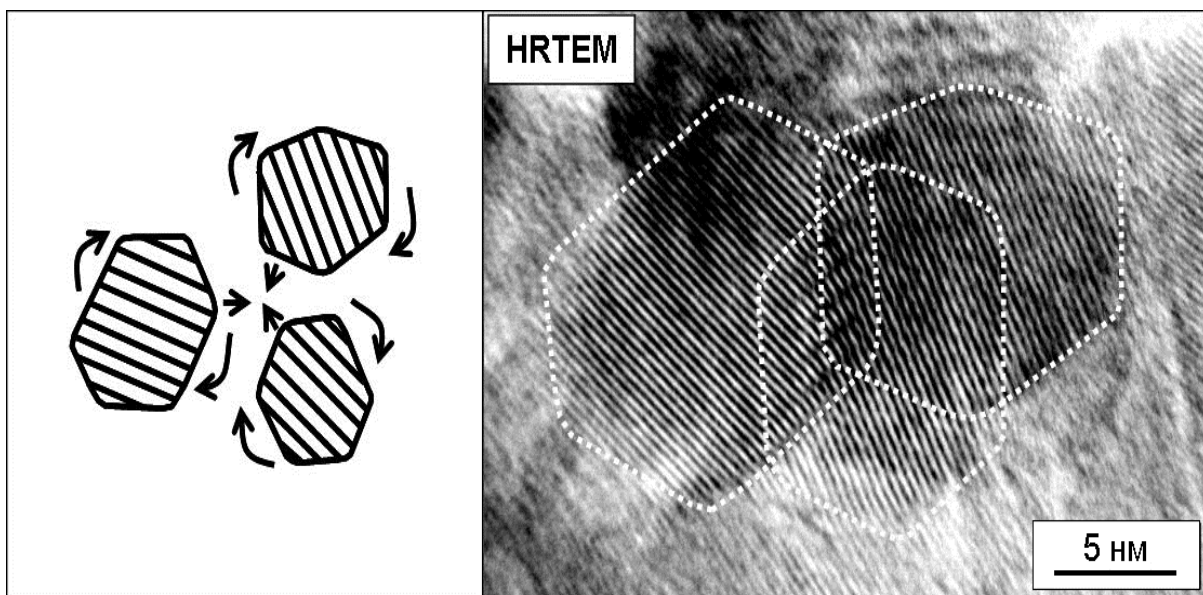


Рис. Рост наночастиц по механизму ориентированного присоединения.

Сформирована концепция коллективного поведения наночастиц, которая стала фундаментом для управления процессами их самоорганизации при высоких давлениях и температурах, а также основой для разработки новых технологий и решения различных научно-технических задач, в частности, по созданию носителей для доставки лекарств и диагностических флуоресцентных тест-систем для онкозаболеваний, композитов на полимерной основе с наночастицами из диоксида циркония (с повышенной прочностью и пластичностью), новых термопрочных клеевых композиций, монокристаллов KN_2PO_4 , содержащих нанопорошки TiO_2 и ZrO_2 , в которых наблюдается эффект гигантского нелинейно-оптического отклика наночастиц анатаза, и т.д.

В ДонФТИ создана и введена в действие опытно-промышленная линия для синтеза оксидных нанопорошков и сформирована база для их комплексной диагностики и тестирования с использованием современных методов: рентгеноструктурного анализа, электронной микроскопии, анализа удельной поверхности по БЭТ, ИК-спектроскопии, вискозиметрии, анализа дзета-потенциала по электроосмосу и т.п. На базе пилотной линии отработаны новые технологии получения неагломерированных нанопорошков диоксида циркония, лантан-стронций-марганцевых перовскитов и оксида титана с узким размерным диапазоном (5–50 нм)[1].

Анализ экспериментальных данных показал, что критическим параметром для химического и фазового составов конечного порошка диоксида циркония является тип осаждения, для гранулометрического состава порошка – химическая чистота реакции и параметры процесса сушки, а от скорости, изотропности и однородности удаления влаги из осадка при нагревании зависели размеры как первичных частиц, так размер и жесткость образуемых при прокаливании агломератов.

Для управления этими параметрами использовали сверхвысоко-частотное излучение и обработку ультразвуковыми колебаниями. СВЧ-излучение применялось для существенного увеличения скорости (в 8–10 раз) испарения влаги и однородности (т.е. отсутствия градиентов температуры) распределения температурных полей в осадке гидроксида циркония при сушке. Температура такой сушки не превышала уровень, имеющийся при кипении воды, образование жестких агломератов из-за температурной неравномерности не наблюдалось. Обработка же осадка ультразвуковыми колебаниями приводила к разрушению агломератов и в совокупности с СВЧ-сушкой к формированию при прокаливании неагломерированных наночастиц (с очень узким распределением по размерам) диоксида циркония.

Заключение. Использованная методика была успешно применена при изготовлении оксидных нанопорошков: циркония, титана, алюминия, цинка, манганита лантана, шпинелей, композиционных материалов. Эта технология, кроме обеспечения такого прямого действия, как получение нанопорошков заданных химического и гранулометрического состава, призвана гарантировать еще и косвенные положительные изменения параметров процессов изготовления спеченных керамических и композиционных материалов и улучшения их структуры и свойств.

Разработанные в ДонФТИ технологии обеспечивают не только возможность создания, но и выход на рынок такой инновационной продукции, как оксидные нанопорошки и керамика.

Список литературы

1. Варюхин В.Н. Научно-технические технологии получения материалов и изделий, включая наноструктурные, с новым уровнем показателей качества / В.Н. Варюхин, В.С. Полищук, Т.Е. Константинова и др. // Физика и техника высоких давлений, 2011. – Т.21, спецвыпуск – 49 с.

УДК 538.9+51-72

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРА ЭНЕРГИЙ АКТИВАЦИИ ПРИ ФАЗОВОМ ПЕРЕХОДЕ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКА $Pb(Zr,Ti)O_3$ ИЗ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПРОВОДИМОСТИ

Кузенко Д.В., канд. физ.-мат. наук, *Спиридонов Н.А.*, *Омельянович С.С.*
ФГБНУ «Научно-исследовательский институт «Реактивэлектрон», г. Донецк, РФ
danil.kuzenko.84@yandex.ru

Введение. Фазовый температурный переход в сегнетоэлектрике характеризуется максимумами диэлектрической проницаемости и

электрической проводимости в точке Кюри. Это позволяет определить энергии активации процессов, протекающих в сегнетоэлектрике.

Цель. Провести экспериментальное изучение температурной зависимости диэлектрической проницаемости и электрической проводимости сегнетоэлектрика с целью определения спектра энергий активации процессов, вызванных изменением температуры, и определить физические механизмы, соответствующие отдельным температурным интервалам.

Основная часть. Исследуемый образец – керамический сегнетоэлектрик цирконат-титанат свинца $Pb(Zr_{0,46}Ti_{0,54})O_3$ с сегнетомягкой добавкой $BiNi_{1/3}W_{1/3}O_3$ (2 мол. %). При данном отношении концентраций ионов Zr и Ti твердый раствор находится в тетрагональной области фазовой диаграммы. Образец – диск диаметром 9 мм и толщиной 0,9 мм.

Измерение температурных зависимостей проводимости $G(T)$ и диэлектрической проницаемости $\varepsilon(T)$ образца осуществлялось на неполяризованном образце с помощью точного полуавтоматического моста Tesla BM 484 на частоте 1592 Гц ($\omega = 10^4$) при измерительном напряжении 0,3 В путем измерения ёмкости и электрической проводимости образца при изменении температуры от 400 К до 700 К в режимах нагрева и охлаждения (рис. 1).

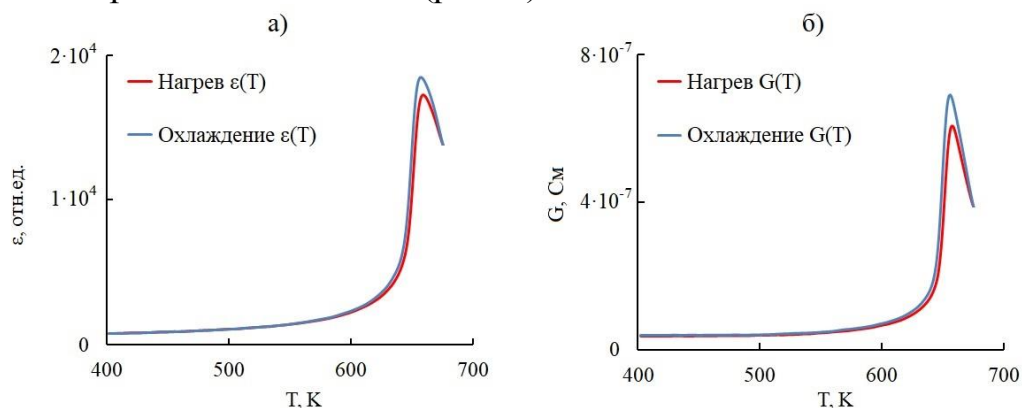


Рис. 1. Температурные зависимости в режиме нагрева и охлаждения диэлектрической проницаемости (а) и проводимости (б) образцов $Pb(Zr_{0,46}Ti_{0,54})O_3$.

Температура образца при нагреве фиксировалась с помощью хромель-алюмелевой термопары. Запись значений ёмкости C , проводимости G и температуры T осуществлялась на персональный компьютер через устройство сопряжения (УС) (рис. 2).

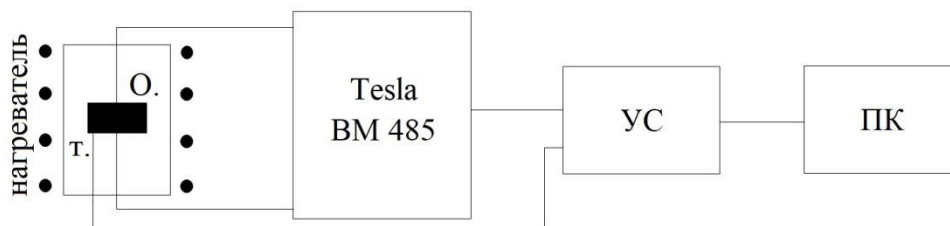


Рис. 2. Схема измерительной установки для определения температурной зависимости диэлектрической проницаемости и проводимости образца. О. – образец; т. – термопара; УС – устройство сопряжения с персональным компьютером ПК.

На зависимости $\ln(G) - 1/kT$ выделены два участка удовлетворяющие уравнению температурной активации электрической проводимости:

$$G = G_0 \cdot \exp\left(-\frac{E}{k \cdot T}\right),$$

где G_0 – начальная проводимость образца, См; E – энергия активации проводимости, эВ; k – постоянная Больцмана, эВ/К; T – температура образца, К. (Участки 1 и 3 рис. 3а).

Для энергий активации E , определенных по этому уравнению при изменении температуры образца на $\Delta T = 5$ К для выделенных трех температурных интервалов (до точки Кюри) рассчитаны значения функции плотности распределения (PDF) энергий активации в приближении нормального распределения:

$$f(E) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(E - \mu)^2}{2 \cdot \sigma^2}\right),$$

где σ – среднеквадратическое отклонение, эВ; μ – среднее значение, эВ; E – энергия активации, эВ. На рисунке 3б приведены значения функции плотности распределения энергий активации, приведенные к её максимальному значению на каждом выделенном участке. Это позволяет определить наиболее вероятные значения энергий активации E_1, E_2, E_3 .

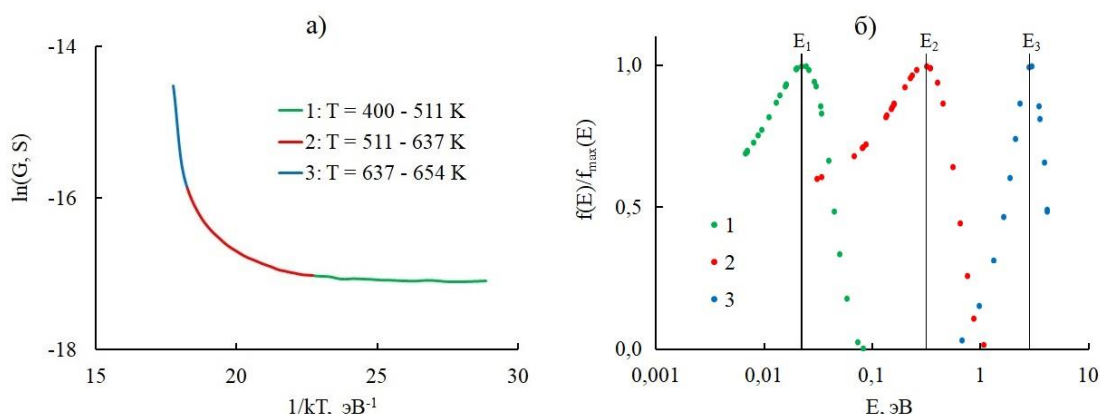


Рис. 3. Зависимость $\ln(G) - 1/kT$ для исследуемого образца определенная по зависимости $G(T)$ в режиме нагрева (а) и нормированной функции плотности распределения энергий активации на трех температурных интервалах 1, 2 и 3 (б).

Значения энергий активации E , а также их средние $\langle E \rangle$ и определенные из аппроксимации по методу наименьших квадратов $E_{\text{аппрокс.}}$ показаны в таблице.

Таблица

Значения энергий активации определенные по максимуму функции плотности распределения E , средние $\langle E \rangle$ и аппроксимированные $E_{\text{аппрокс.}}$ на трёх температурных участках ΔT для образцов $\text{Pb}(\text{Zr}_{0,46}\text{Ti}_{0,54})\text{O}_3$

№ участка	ΔT , К	E , эВ	$\langle E \rangle$, эВ	$E_{\text{аппрокс.}}$, эВ
1	400 – 511	0,0220	0,0225	0,0116
2	511 – 637	0,3164	0,3042	0,2278
3	637 – 654	2,9439	2,8957	2,9559

Участки 1 и 3 рис. 3а имеют вид близкий к линейному. Нелинейность участка 2 обусловлена размытием переходов 1→2 и 2→3 в результате пересечения значений энергий активации на “хвостах” распределения (Рисунок 3б). Таким образом, для каждого из выделенных участков можно указать характерные энергии активации, которые и определяют температурно-зависимый процесс, приводящий к фазовому переходу: 0,02 эВ; 0,3 эВ; 2,9 эВ. Физические процессы, соответствующие этим энергиям активации, обусловлены наличием спонтанной поляризации в сегнетоэлектрике при температурах ниже точки Кюри и её влиянием на электрическую проводимость в переменном электрическом поле.

При $E = 0,02$ эВ происходят начальные колебания доменных стенок; при $E = 0,3$ эВ доменные стенки отрываются от кислородных вакансий; при $E = 2,9$ эВ начинается миграция кислородных вакансий и резкий рост амплитуды колебаний доменных стенок, что приводит к росту проводимости образца. Для сегнетоэлектрика $Pb(Zr,Ti)O_3$ это было показано ранее при анализе температурной зависимости диэлектрической проницаемости [1] и при моделировании активационных процессов [2].

Заключение.

Для сегнетоэлектрика $Pb(Zr_{0,46}Ti_{0,54})O_3$ получены результаты:

1. В приближении нормального распределения вычислены наиболее вероятные значения энергий температурной активации проводимости в переменном электрическом поле ниже фазового температурного перехода.

2. Показана взаимосвязь роста электрической проводимости в переменном электрическом поле при увеличении температуры с физическими процессами обусловленными наличием спонтанной поляризации и взаимодействием доменной и дефектной структур.

Список литературы

1. 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. – V. 12, No 3. – No. 2250010. – DOI: 10.1142/S2010135X22500102.
2. Кузенко, Д. В. Моделирование активационных процессов в конденсированных средах на примере сегнетоэлектрика $Pb(Zr,Ti)O_3$ / Д. В. Кузенко // *Вестник ДонНУ. Сер. А: Естественные науки*. – 2022. – № 4. – С. 15–26.

УЧЕТ РАЗНОСТИ МАСС НУКЛОНОВ В ЯДРЕ ТРИТИЯ: ПРИБЛИЖЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ МАССЫ.

Кузьмичев Ю.Б., канд. техн. наук, доц.
ФГБОУВО «Ярославский государственный педагогический университет
им. К.Д. Ушинского», г. Ярославль, РФ.
rector@yspu.org

Введение. Одной из нерешенных проблем в трехнуклонных расчетах является проблема учета разности масс протонов и нейтронов [1,2]. Существует несколько способов решения этой проблемы. Один из способов – просто игнорировать разницу в массе нейтронов [3] в рамках модели ААА. Однако это приводит к ошибкам порядка $6\sim$ кВ в рассчитанной энергии связи трехнуклонных систем. Другим способом решения проблемы разности масс является использование пертурбативного подхода, при котором разность масс рассматривается как небольшое возмущение для модели ААА. Этот подход корректирует модель ААА и дает оценку эффекта разницы в массе. Однако эта поправка сдвигает только энергию связи, но не корректирует волновую функцию. Более точным способом решения проблемы является использование непертурбативного подхода, при котором разность масс явно включается в расчет в рамках модели ААВ [2]. Такой подход сложнее реализовать, но он является более точным.

Цель. В настоящей работе, чтобы избежать пертурбативного подхода, мы корректируем усредненную массу нуклона для модели ААА, чтобы воспроизвести энергию связи, полученной в модели ААВ, где используются экспериментальные значения для масс протонов и нейтронов. Полученная волновая функция автоматически является собственной функцией задачи $3N$.

Основная часть. Мы рассматриваем трехчастичную систему, состоящую из одинаковых по массе нуклонов, которые образуют связанное состояние, известное как ${}^3\text{H}$ -ядро. Другая похожая ядерная система, ядро ${}^{12}\text{C}$, моделируется как система из трех альфа частиц.[4]. Схематическое изображение системы $3N$ с ограниченным состоянием (третий) показано на рисунке 1. Эта система включает связанную подсистему $2N$ (дейтрон).

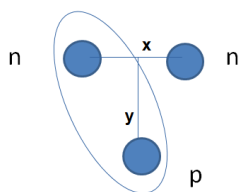


Рис. 1. Схематическое представление для системы с ограниченным состоянием (${}^3\text{H}$), включающий связанную подсистему $2N$ ($2N$ дейтрон), Координаты Якоби x , y показаны для цепочки (nn) - p разбиения частиц в системе

В целом, модель ААА для ядра ${}^3\text{H}$ не согласуется с формулой массы дефекта, которая требует рассматривать нейтроны и протоны как частицы разной массы [5]. Однако модель ААА широко используется для расчета энергии связи и других наблюдаемых величин для ядер ${}^3\text{H}$ и ${}^3\text{He}$.

Недавно концепция эффективной массы [5] была применена к ядерным системам такого рода. Эффективная масса определяется для системы, где частицы взаимодействуют с парными и трехчастичными потенциалами, и может быть больше или меньше массы частицы в ее свободном состоянии. В настоящей работе мы исследуем зависимость энергии от массы в трёх-нуклонной связанной системе, принимая во внимание приближение эффективной массы. В частности, мы рассматриваем эквивалентную массу нуклона, которая корректирует усреднённую массу нуклона в модели ААА и воспроизводит результаты модели ААВ, где учтена разницей масс протонов и нейтронов [5]. Наш подход включает в себя эффекты разности масс протона и нейтрона феноменологическим образом. Альтернативный подход рассматривает разницу масс между протонами и нейтронами с помощью возмущающей поправки к оператору кинетической энергии, используя разложение Тейлора функции $f(m)=1/m$. Эта поправка оценивается после того, как энергия вычислена с использованием исходной модели ААА. Окончательное значение энергии трех тел получается путем добавления поправки к энергии ААА, рассчитанной с учетом усредненной массы нуклона. Наш подход ААА корректирует усредненную массу нуклона в соответствии со сдвигом энергии трех тел, вызванным разницей масс между протонами и нейтронами.

Задача о связанном состоянии $3N$ системы может быть сформулирована уравнением Шрёдингера

$$\beta \hat{H}_0 + V_{\text{nucl.}}, \quad (1)$$

где \hat{H}_0 кинетическая энергия $\hat{H}_0 = -\sum_{i=1}^3 \frac{\hbar^2}{2m_0} \Delta_i$, $\beta = m_0/m^*$ где m^* различная масса нуклонов, m_0 средняя масса нуклонов, $m_0 = (m_n + m_p)/2$ где m_n и m_p масса нейтрона и протона, и $V_{\text{nucl.}}(r)$ сумма ядерных взаимодействий, индекс $i=1,2,3$ число частиц. Мы выводим зависимость “энергия-масса” путем оценки производной энергии по эффективной массе, которая определяется, учитывается (1), как

$$dE(m^*)/d(m^*) = (dE(\beta)/d\beta)(d\beta/d(m^*)) = -\langle \hat{H}_0 \rangle m_0 (1/m^*)^2 \quad (2)$$

в непосредственной близости $\Delta m = m^* - m_0$ от точки $m^*/m_0 = 1$. Энергия является линейной функцией массы m^* вблизи $m^*/m_0 = 1$, где величина $v^2 = \langle \hat{H}_0 \rangle m_0 (1/m^*)^2$ слабо зависит от массы, при $\Delta m/m_0 \ll 1$. Можно оценить эту зависимость: $v^2 \sim \langle \hat{H}_0 \rangle / m_0 (1 + 2\Delta m/m_0)$.

Системы $3N$ с физической массой должны рассматриваться в рамках модели ААВ. Разница в энергии между расчетами ААА и ААВ может быть использована для определения коррекции массы, необходимой в модели

ААА. Эта разница вычислена в [2] как $-4,7$ кэВ. В соответствии с энерго-массовой зависимостью представленной на рис. 2, массовая коррекция должна быть $0,0047/30,2=0,15$ МэВ. Здесь использовано вычисленное значение кинетической энергии 30.2 MeV (показано на рис.2). С помощью эффективной массы, эффект разности массы нуклонов может быть учтен в рамках модели ААА. При этом, значение эквивалентной массы будет тем же, что и в случае когда сдвиг энергии будет 6 кэВ, а усреднённая кинетическая энергия около 45 MeV.

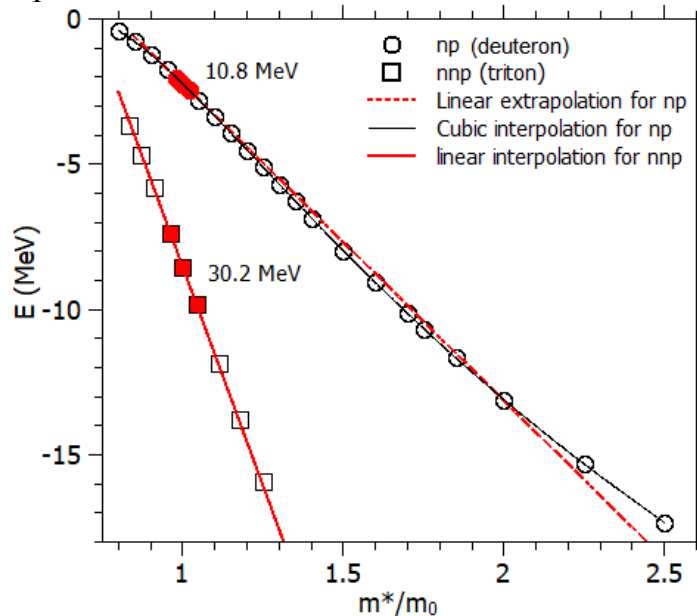


Рис. 2. Энергия основного состояния E тритона (nnp) (незаполненные квадраты) и дейтера (np) (незаполненные окружности) как функция эффективной нуклонной массы. Кривая соответствующая кубическому приближению зависимости энергии от массы показана черным цветом, а красная пунктирная линия дает линейное соответствие для расчётных энергий, показанных красными сплошными символами. Числа соответствуют усредненной кинетической энергии.

Заключение. Мы представили новый подход в модели ААА, который обеспечивает более реалистичную и простую модель для технических расчётов связанных с трёх-нуклонными системами. При этом, наша модель учитывает предыдущие результаты для моделей ААА и ААВ. Мы нашли, что зависимость энергии от эффективной массы даётся линейной функцией, когда рассмотрение ограничено малыми вариациями вокруг усреднённой массы нуклона.

Список литературы

1. П. Марис и др., Phys. Rev. C **103**, 054001 (2021).
2. Наннини А., Маркуччи Л. Э., Фронт. Физ. **6**, 122 (2018).
3. Пиарулли М., Тьюс Я., Фронт. Физ. **7**, 245 (2019).
4. Филихи Я., Каруи А., Влахович Б., Дж. Мод. Физ. **E31**, 2250098 (2022).
5. Филихин И., Суслов В.М., Влахович В., arXiv:2112.13827 [nucl-th].

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОСФЕРИЧЕСКИХ СТЕКЛЯННЫХ ДОБАВОК НА СТОЙКОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК К ЭЛЕКТРИЧЕСКОМУ ПРОБОЮ

Левин К.Л.^{1,2}, канд. хим. наук, доц., *Хрипунов А.К.*², канд. хим. наук,
*Рябоконе Д. В.*¹, *Жуков В.А.*¹, *Клименков Б.Д.*^{1,3},
*Щелко Н.С.*¹, д-р техн. наук, *Зверев С.Г.*⁴, канд. техн. наук,
*Романов Д.П.*⁵, канд. геол.-минерал. наук

¹ФГКВОУ ВО «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза
С.М. Буденного», г. Санкт-Петербург, РФ

²Институт высокомолекулярных соединений РАН (ИВС РАН), г. Санкт-Петербург, РФ

³Московский физико-технический (национальный исследовательский университет),
Московская обл., г. Долгопрудный, РФ

⁴Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
г. Санкт-Петербург, РФ

⁵Институт химии силикатов имени И. В. Гребенщикова РАН, г. Санкт-Петербург, РФ
klimenkovboris@gmail.com

Введение. Известно, что бактериальная целлюлоза (БЦ) является перспективным электроизоляционным материалом из-за своей биологической совместимости, нетоксичности, высокого электрического сопротивления, пористости, высокой прочности, биоразлагаемости, доступности и способности к самоорганизации [1]. В ее пористую структуру возможно внедрять различные материалы, в данной работе предлагается вводить в БЦ мелкодисперсные и ультрадисперсные сферические микрошарики двуокиси кремния SiO₂ [2, 3].

Цель работы – исследовать бактериальную целлюлозу с введенными в нее микросферическими стеклянными добавками на стойкость к электрическому пробую и определить возможность использования такого композита в качестве конденсаторного материала.

Основная часть. Морфология высушенных пленок бактериальной целлюлозы подробно описана в [4]. Образцы имеют надмолекулярную умаструктуру пленок *Glucanacetobacter xylinus*, известную в настоящее время и представляющую собой пространственную сетку нанолент из ориентационно-упорядоченных макрофибрилл. Последние содержат чередующиеся аморфные и кристаллические области. Исследования по созданию композитов на основе БЦ [5, 6] показывают, что по мере увеличения содержания допанта в БЦ в результате образования укрупненных агрегатов частицы наполнителя изменяют надмолекулярную структуру целлюлозы.

Результаты. Стеклянные микросферы, полученные методом спекания кварцевого песка в атмосферной плазме были просеяны через сито диаметром с ячейкой 100 нм [2]. Полученная фракция добавлялась к

целлюлозному линтеру, после чего проводилось осаждение пленок по методике описанной в [5]. Объемная доля микросфер составляла 0.5-1 %. Толщина пленок измерялась микрометром и составляла 250 мкм.

По данным рентгеновской дифрактометрии (рис.1) видно, что наличие микросфер приводит к усилению пика [200] в решетке целлюлозы, что говорит об увеличении степени отношения кристаллической к аморфной фазе, вызванной наличием микросфер

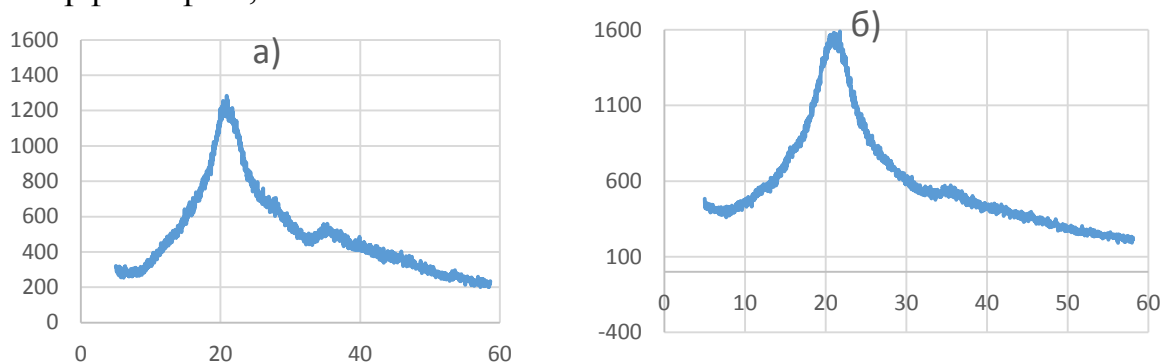


Рис. Данные дифрактометрии: а) линтер без шариков; б) линтер с шариками.

Образцы с микросферами и без подвергались исследованию равномерного поднятия напряжения со скоростью 100 В/с. Пробой фиксировался по скачкообразному росту тока. Характер срыва тока свидетельствует о тепловом характере пробоя. Напряженность поля пробоя для образцов без микросфер 7.2 МВ/м, а с микросферами 8.2 МВ/м соответственно. При сравнении этих значений видно, что напряженность электрического поля пробоя для образцов, содержащих микросферы, на 10-15 % выше, чем в контрольных образцах.

Закключение. Таким образом, по данным предварительных исследований получено, что введение микросферических стеклянных добавок в бактериальную целлюлозу влияет на структурные и электрофизические свойства основы. Необходимы дополнительные исследования таких структур, к примеру, методом дифференциальной сканирующей калориметрии для определения предела температур, в которых однородность распределения сфер внутри пор основного материала не приводит к нарушению однородности и уменьшению электроизоляционных свойств, прежде чем его можно будет считать можно считать перспективным для повышения стойкости диэлектриков к электрическому пробую.

Список литературы

1. Левин, К. Л. Изучение полимерного композита, содержащего монокристаллическую целлюлозу в присутствии ионов железа, методом электрохимической импедансной спектроскопии / К. Л. Левин, А. С. Телепко // Материалы научной конференции с международным участием. Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникаций.

(Санкт-Петербург, 19–24 ноября 2018 г.). – Санкт-Петербург: СПбПУ, 2018. – С. 279-281.

2. Фролов, В. Я. Моделирование процесса испарения мелко дисперсного порошка в плазменной струе для получения наноматериалов / В. Я. Фролов, В. А. Кархин, С.Г. Зверев, Д.В. Иванов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета – 2010. – Т. 4, № 110. – С. 308–319.
3. Фейгенсон, О. Н. Моделирование процесса испарения мелко дисперсного порошка в плазменной струе для получения наноматериалов / О. Н. Фейгенсон, С. Г. Зверев, Р.Ю. Зарембо, С.В. Дресвин // XXIX Неделя науки СПбГТУ. Материалы межвузовской научной конференции. Ч. 1. – Санкт-Петербург: СПбГТУ, 2001. – С. 93–95.
4. Хрипунов, А. К. Морфология высушенных наногель пленок бактериальной целлюлозы, пропитанных раствором нитрата серебра / А.К. Хрипунов, Т.П. Степанова, Н.Н. Сапрыкина, Э.П. Астапенко, Д.П. Романов, А.А. Ткаченко, В.М. Капралова // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. – 2018. – Т. 11, № 1. – С. 112–121.
5. Хайруллин, А. Р. Композиты на основе бактериальной целлюлозы *gluconacetobacter xylinus* и фосфатов кальция и их диэлектрические свойства / А.Р. Хайруллин, А.В. Северин, А.К. Хрипунов, А.А. Ткаченко, В.Д. Паутов // Журнал прикладной химии. – 2013. – Т. 86, № 8. – С. 1324–1330.
6. Архарова Н.А. Композитные пленки на основе бактериальной целлюлозы и нанокристаллов гидроксиапатита: морфология, структура и свойства / Н. А. Архарова, А. В. Северин, А. К. Хрипунов, С. В. Крашенинников, А. А. Ткаченко, А. С. Орехова, Г. А. Давыдова, Е. В. Ракова, В. В. Клечковская // Высокомолекулярные соединения. Серия А, – 2019. – Т. 61, № 5. – С. 448–457.

УДК 620.9

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЕМ ТВЁРДОТЕЛЬНЫХ ПОРИСТЫХ ТЕПЛОВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Машков И.А.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»,
г. Санкт-Петербург, РФ
ivanmashkov199@yandex.ru

Для потребителей тепловой энергии характерна неравномерность энергопотребления, прежде всего, в части горячего водоснабжения. В противоположность, теплогенерирующие системы в своём большинстве инерционны, в связи с чем, для поддержания высокого к.п.д. и сохранения ресурса оборудования предпочтительна работа на постоянных нагрузках. Неравномерность потребления тепловой энергии компенсируется снижением мощности, полной остановкой оборудования или применением тепловых аккумуляторов. Наибольшее распространение получили

тепловые аккумуляторы с водой в качестве рабочего тела, представляющие собой баки, заполняемые горячей водой в периоды низкого теплоснабжения, с последующей закачкой в систему отопления и горячего водоснабжения.

Вода, как теплоаккумулятор, имеет свои преимущества и недостатки. Среди преимуществ важнейшим является прямое использование воды как теплоносителя в тепловых сетях, не требующее применения дополнительных теплообменников. В то же время, при атмосферном давлении воду нельзя нагревать выше 100°C , аккумуляторные баки должны быть герметичными, требуют обслуживания и ремонтов, занимают производственные площади, заметная часть тепловой энергии теряется в окружающую среду. Одним из альтернативных рабочих тел можно назвать пористые среды, в числе которых песок и щебень. Имея меньшую теплоёмкость, отчасти компенсируемую большей плотностью, эти материалы имеют низкую стоимость, нетребовательны к размещению, нет необходимости обеспечения герметичности, рабочая температура в рамках диапазона теплосетей неограниченна. В связи с этим, применение песка в тепловых аккумуляторах считается перспективным [1]. Одной из причин, сдерживающих распространение пористых тепловых аккумуляторов в промышленных масштабах, можно назвать отсутствие надёжных методик расчёта нестационарного теплообмена в пористых средах от трубных пучков. Решение этой проблемы и стало целью настоящего исследования.

Методика исследования. В основе конструкции аккумулятора, взятой для разработки модели и создания экспериментальной установки лежит так называемая «Песочная батарея». Примером реализации данной установки может послужить коммерческая песчаная батарея в городе Канкаанпяя, Западная Финляндия [2]. Данная установка представляет собой высокотемпературный накопитель тепловой энергии, в котором в качестве носителя используется песок или подобные песку материалы. Она сохраняет энергию в песке в виде тепла.

Основным методом исследования выбран метод численного моделирования с экспериментальной проверкой полученных результатов.

Исследования выполнялись на численной модели теплового аккумулятора, выполненной в среде Ansys. Проверка полученных результатов производилась на экспериментальной установке, где в качестве рабочего тела исследовались песок и щебень.

Результаты исследования. Процесс теплообмена внутри пористой среды можно представить как функцию пространства и времени. Отличительной особенностью формирования температурного поля в разрезе теплообменных труб становится его распространение от центра или оси [3]. Результатом моделирования стало получение картины конвективного теплообмена (рис. 1) около трубы.

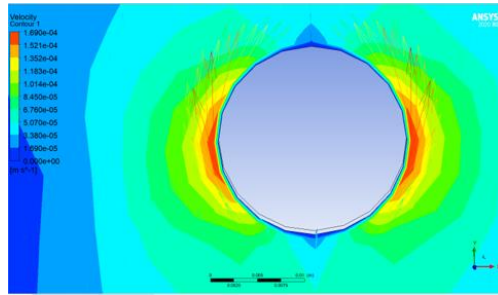


Рис. 1. Модель теплового потока около трубы

В ходе эксперимента, в свою очередь, были замерены значения температуры теплоносителя в различных точках установки. По его результатам построены графики, приведенные на рисунках 2 и 3. Как можно увидеть, конвективный теплообмен в пористой среде носит сложный характер.

В частности, повышенный интерес вызывает картина роста температуры щебня при переходе от горизонтально к вертикальному участку трубы, а также возрастание температуры песка при движении потока от центра. Данные явления отсутствуют при рассмотрении картины стационарного конвективного теплообмена и требуют разработки новых механизмов описания для нестационарных процессов.

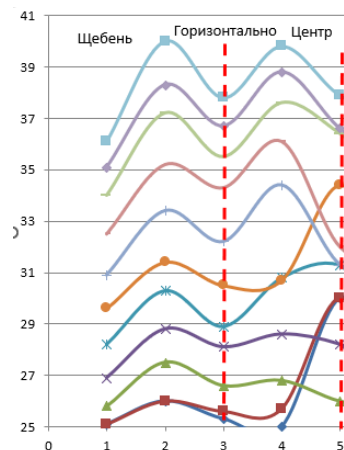


Рис. 2. Замеры температуры щебня в точках 1-5

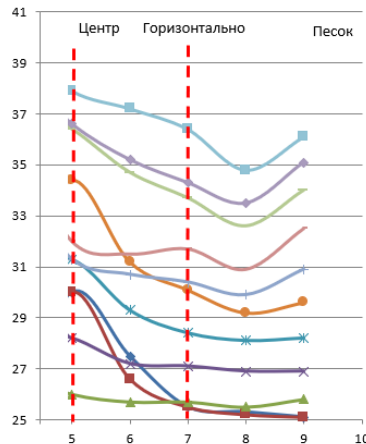


Рис. 3. Замеры температуры песка в точках 5-10

Выводы. Полученные результаты показали возможность создания высокоэффективных аккумуляторов теплоты на основе пористых сред. Поровое пространство в сочетании с градиентом температур создаёт условия свободноконвективного теплообмена, интенсифицирующего накопление и отдачу энергии. Для разработки инженерной методики расчёта тепловых аккумуляторов на основе пористых сред необходимо проведение исследований данного процесса.

Список литературы

1. Vivek R. Pawar, Sarvenaz Sobhansarbandi. Design optimization and heat transfer enhancement of energy storage based solar thermal collector // Sustainable Energy Technologies and Assessments, 46. – 2021
2. Sand Battery [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ixbt.com/live/offtopic/pesochnyy-teploakkumulyator-smozhet-li-novaya-tehnologiya-hraneniya-vyrabotannoy-energii-dat-novyuy-impuls-zelenoy-energetike.html>.
3. Naghmeh Mehraeem, Mohammad Mehdi Ahmadi, Omid Ghasemi-Fate. Numerical modeling of mixed convection near a vertical heat source in saturated granular soils // Geothermics, 106. – 2022.

УДК 544.344.015.4-17+536-12

МЕТОД ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ КРИВОЙ ОТЖИГА ДЛЯ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО СПЛАВА

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

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

² ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

lsmet@donfti.ru

Введение. В предыдущих работах авторов [1, 2] для раствора серебра в меди была разработана и протестирована, с помощью компьютерного моделирования, теория кинетики дефектов для процесса мегапластической деформации в рамках неравновесной эволюционной термодинамики (НЭТ). Однако при решении данной задачи авторы создали лишь модель для мегапластической деформации, а построение кривой отжига оставили на более поздний срок.

Основная часть. При построении воспользуемся подходом, который был использован в предыдущих работах в рамках НЭТ [1, 2]. Так как изменения происходят спонтанно без внешнего воздействия, то естественным термодинамическим потенциалом является свободная энергия. В состоянии равновесия сплав представляет собой двухфазную систему, состоящую из зерен меди и зерен серебра. При этом часть атомов серебра, пройдя через внешнюю границу фазы, растворяется в меди, и,

наоборот, медь растворяется в фазе серебра. Часть растворенных атомов вследствие диффузии будет возвращаться в основную фазу. Таким образом, в системе установится два взаимно противоположно направленные потоки, и в состоянии равновесия эти потоки будут равны между собой. Если начальное состояние сплава отличается от равновесного, то в результате отжига система в асимптоте переходит в равновесное состояние.

Представим свободную энергию в виде полинома концентрации легирующего вещества в твёрдом растворе и для простоты ограничимся второй степенью полинома

$$F = F_0 - ac + \frac{b}{2}c^2, \quad (1)$$

где F_0 – свободная энергия сплава без учета возможности растворения атомов серебра, c – концентрация растворенного атома, a, b – некоторые коэффициенты разложения. Первое слагаемое с отрицательным знаком и пропорциональное концентрации растворенного атома, моделирует для него стоки в основную фазу, а второе положительное слагаемое, соответственно моделирует источник атома серебра в растворе.

В такой постановке фазовый переход при отжиге на рассматриваемом температурном интервале не происходит, поскольку он уже, фактически, произошел при более высокой температуре, когда в матрице меди возникли зародыши фазы серебра.

В качестве эволюционного уравнения, описывающего изменение концентрации серебра, будем использовать уравнение Ландау-Халатникова:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\gamma \frac{\partial F}{\partial c}. \quad (2)$$

Принимая во внимание уравнение (1), можем записать

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\gamma \left(-a + \frac{b}{2}c \right). \quad (3)$$

Равновесные значения концентрации легирующего компонента будут определяться нулевым значением правой части (3)

$$\left(c = \frac{2a}{b} \right). \quad (4)$$

Если выбрать простейшую зависимость от температуры $a = \lambda T$, то кривую отжига получим в форме прямой линии с одинаковым наклоном, что отражает возрастающий характер реальной кривой отжига, но не передает всех нюансов ее формы. Для большего согласования, возможно, нужно будет учесть более высокие степени в представлении свободной энергии (1).

Заключение. В рамках вышеупомянутого подхода была получена прямая отжига, которая имеет возрастающий характер зависимости концентрации растворенного атома от температуры.

Список литературы

1. Metlov L.S. Nonequilibrium evolution thermodynamic of poly- and two-components alloys affected by severe plastic deformation / L.S. Metlov, M.M. Gordey // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – V. 2052. – P. 012026
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.

УДК 538.9

ДИАГРАММА НАПРАВЛЕННОСТИ МАГНИТНЫХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ ПЛЕНОК ЖЕЛЕЗОИТТРИЕВОГО ГРАНАТА СПЕЦИАЛЬНОЙ ФОРМЫ

Мухин А.Б., Николаенко Ю.М., канд. физ.-мат. наук,
Кононенко В.В., канд. физ.-мат. наук, *Мезин Н.И.*, канд. физ.-мат. наук
ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, РФ
nik@donfti.ru

В наших экспериментах использован магнитный сенсор с прямым преобразованием величины магнитного поля в рабочую частоту устройства (F). Сенсор представляет собой высокочастотный (ВЧ) автогенератор, в катушке резонансного контура которого в качестве сердечника используется пленка железоиттриевого граната. Пленка получена методом жидкофазной эпитаксии на монокристаллической подложке гадолиний галлиевого граната с ориентацией кристаллографических осей (111) вдоль нормального направления к плоскости пленки.

Как было установлено ранее [1], в пленках прямоугольной формы с большой величиной отношения $L/d > 6$ (где L , d – соответственно длина и ширина пленки) в отсутствие внешнего магнитного поля (МП) реализуется полосовая доменная структура с направлением полос вдоль длинной стороны пленки. Это новый и полезный в прикладном отношении эффект. Использование такой пленки в качестве чувствительного элемента к воздействию МП имеет ряд преимуществ по сравнению с пленками с малым отношением L/d , а также с пленками круглой формы [2,3]. В частности, при использовании пленок удлиненной формы в области малых полей не содержится немонотонной части зависимости $F(H)$, что позволяет использовать относительно малые значения поля подмагничивания. Кроме того, для получения максимальной величины коэффициента преобразования величины МП в рабочую частоту сенсора снижаются требования к взаимной ориентации кристаллографических осей по отношению к направлению внутренних полей – ВЧ поля (\mathbf{h}) и поля

подмагничивания (H_0). [1,2]. На рис. 1 показана схема устройства сенсора с оптимальной конфигурацией полей.

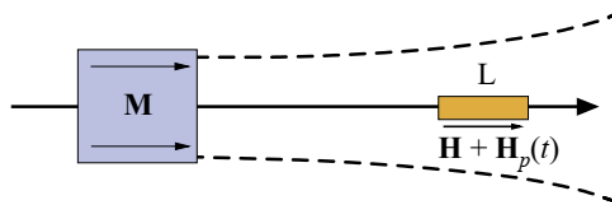


Рис. 1. Схема экспериментальных измерений: L – катушка резонансного контура сенсора; M – однородная намагненность твердотельного магнита, создающего поле подмагничивания пленки; штриховыми линиями схематично показаны направления актуального участка полей размагничивания твердотельного магнита; H – внешнее постоянное МП; $H_p(t)$ – переменное во времени зондирующее поле, стрелкой показано направление, коллинеарное векторам H и $H_p(t)$

На рис. 2 приведены зависимости рабочей частоты сенсора от величины однородного внешнего МП при наличии также переменного во времени однополярного зондирующего поля величиной 0.2 Oe, для двух значений поля подмагничивания $H_0=2.50$ Oe и 0.94Oe, которое регулируется путем изменения расстояния между твердотельным магнитом и катушкой резонансного контура.

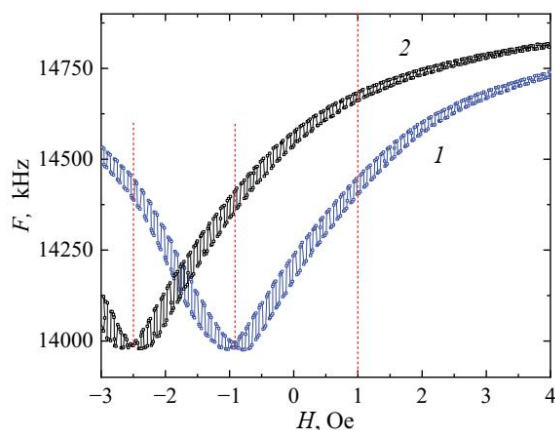


Рис. 2. Зависимость частоты сенсора от внешнего МП при наличии поля подмагничивания $H_0 = 0.94$ Oe (кривая 1) и 2.5 Oe (кривая 2), а также периодического во времени внешнего зондирующего поля величиной 0.2 Oe

Теперь рассмотрим ориентационные характеристики чувствительности сенсора в виде диаграммы направленности. Для регистрации данных авторы использовали переменное во времени зондирующее поле, при этом катушка индуктивности с механически зафиксированным постоянным магнитом могла изменять направление внутренних полей сенсора по отношению к направлению внешнего зондирующего поля. Полученная угловая зависимость в виде диаграммы направленности приведена на рис. 3.

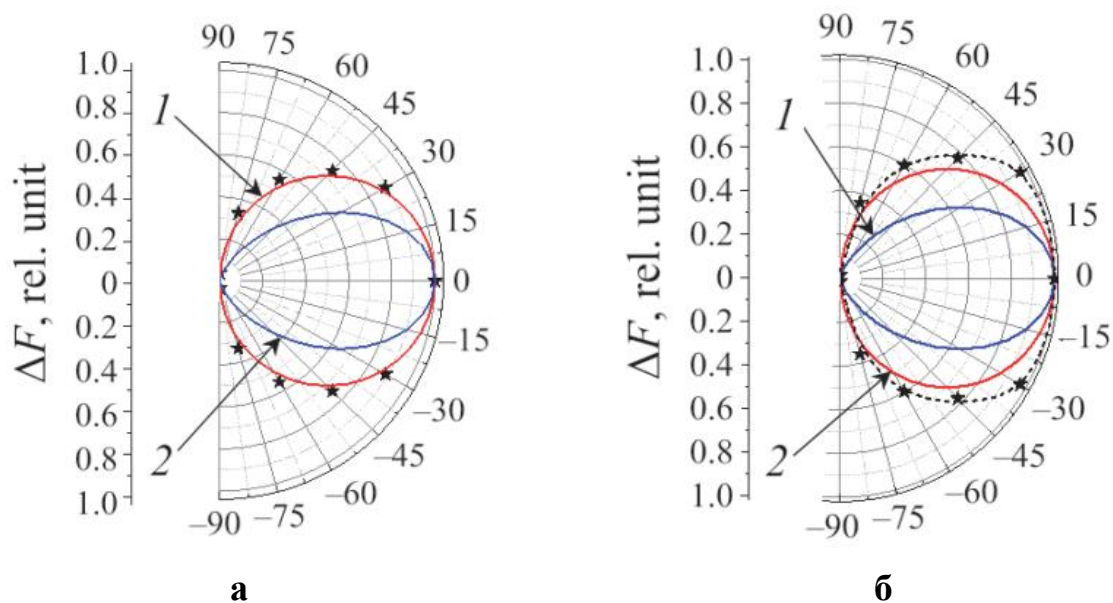


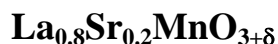
Рис. 3. Диаграмма направленности сенсора МП, зарегистрированная при использовании величины поля подмагничивания $H_0 = 2.5$ Ое (а) и 0.94 Ое (б): кривые 1 и 2 – теоретические угловые зависимости соответственно $\Delta F \sim \cos \phi$ и $\cos^3 \phi$

Как следует из данных на рис. 3, вид диаграммы направленности сенсора при неплохо соответствует теоретической зависимости $\Delta F(\phi) \sim \cos \phi$. Отметим, что этот вид диаграммы более широкий, чем при использовании пленки круглой формы, характеризуемой зависимостью $\Delta F(\phi) \sim \cos^3 \phi$ [3]. Диаграмма направленности несколько изменяется при изменении величины поля подмагничивания. Так, при снижении поля подмагничивания до $H_0 = 0.94$ Ое возникает небольшое уширение кривой по сравнению с зависимостью $\Delta F(\phi) \sim \cos \phi$ [3].

Список литературы

1. Николаенко Ю.М. Влияние формы плёнок железо-иттриевого граната на доменную структуру и характеристики магнитных сенсоров / Ю.М. Николаенко, А.Б. Мухин, Н.И. Мезин // ФТВД. – 2023. – Т. 33, № 1. – С. 86–92.
2. Николаенко, Ю.М. Ориентационные характеристики магнитных сенсоров на основе пленок железоиттриевого граната специальной формы / Ю.М. Николаенко, А.Б. Мухин, В.В. Кононенко, Н.И. Мезин // ФТВД. – 2023. – Т. 33, № 3. – 6с.
3. 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.

ЭНЕРГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СОБСТВЕННЫХ ДЕФЕКТОВ В ВИДЕ КИСЛОРОДНЫХ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВАКАНСИЙ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ ЛЕГИРОВАННЫХ МАНГАНИТОВ



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

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

Бутько В.Г., канд. физ.-мат. наук, *Эфрос Н.Б.*

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

nik@donfti.ru

Технология изготовления пленок на основе легированных манганитов предполагает термообработку уже готовых объектов в кислородсодержащей газовой среде при достаточно высоких температурах. Основная задача состоит в корректировке кислородного содержания (КС) материала пленок, в частности, для обеспечения стехиометрического состава химического соединения по кислороду.

Как было нами установлено ранее, при оптимальных условиях термообработки в пленках возникает эффект «стабилизации» КС=3 [1]. Эффект заключается в том, что термообработка $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_{3+\delta}$ на воздухе в условиях избыточного парциального давления кислорода при температурах $T \leq 600^\circ\text{C}$ приводит к последовательному снижению кислородного дефицита без образования избыточного КС>3. Этот эффект технологически очень полезный, поскольку позволяет избежать необратимый в полной мере процесс формирования в кристаллической структуре катион-дефицитных атомных ячеек, существенно снижающих электрические и магнитные характеристики пленок. Тем не менее, с повышением температуры выше 700°C процесс формирования избыточного КС постепенно активизируется. Физическая природа этого явления заключается в наличии энергетического барьера, препятствующего формированию катион-дефицитных ячеек, который, в свою очередь, в большой степени обусловлен разной энергией формирования кислородных и металлических вакансий [2].

Для выяснения природы энергетического барьера авторами были проведены численные расчеты энергетических характеристик актуальных точечных дефектов из первых принципов методом функционала плотности в приближении LDA + U (Local Density Approximation), где U – параметр Хаббарда, обеспечивающий учет у атомов Mn оболочек с локализованными и сильно взаимодействующими d -электронами. В рамках нашей задачи для расчета характеристик кристалла LSMO с близким к нужному экспериментальному значению катионного состава (x

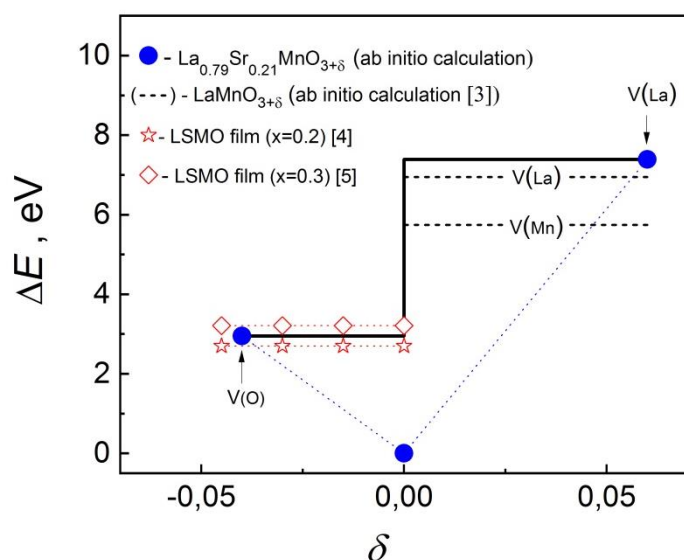
= 0.2) использована учетверенная ромбоэдрическая элементарная ячейка, содержащая 120 атомов. Вычисление энергии формирования дефекта $E_f(j,q)$ в рамках методики, использованной в работе [3], предполагает не только вычисление разности полных энергий кристалла с дефектами и без них, но также использование дополнительных поправок в соответствии со следующим выражением:

$$E_{\text{for}}(j,q) = E_{\text{Defective}} - E_{\text{bulk}} + n_j \mu_j + q(E_v + \Delta E_f + \Delta V)$$

Здесь $E_{\text{Defective}}$ и E_{bulk} – полная энергия, полученная в результате расчета кристаллической ячейки с дефектом и без него, n_j – количество дефектов, μ_j – химический потенциал дефекта, который в случае вакансии представляет собой энергию резервуара. Четвертый член учитывает химический потенциал электрона (энергию Ферми – E_f), q – зарядовое состояние дефекта, E_v – энергия потолка валентной зоны, ΔV – поправка, учитывающая взаимодействие дефектов, расположенных в соседних атомных ячейках. При использовании ячеек с количеством атомов 96 и более, величина ΔV крайне мала.

На рисунке кружками приведены энергетические характеристики формирования точечных дефектов в виде вакансий кислорода и лантана. Как видно, расчетное значение энергии формирования кислородных вакансий $E_f(\text{O}) = 2.95 \text{ eV}$ неплохо согласуется с данными, полученными из анализа диффузионных процессов атомарного кислорода в LSMO пленках $E_a = 2.7 \text{ eV}$ при $x = 0.2$ и $E_a = 3.21 \text{ eV}$ при $x = 0.3$, которые на рисунке показаны звездочками и ромбиками [4,5]. Пунктирными горизонтальными линиями в области $\delta > 0$ указаны значения энергии формирования металлических вакансий в чистом манганите из работы [3]. Расчетное значение энергии формирования вакансий лантана, как и ожидалось, значительно выше, чем у кислорода $E_f(\text{La}) = 7.39 \text{ eV}$. Таким образом можно заключить, что физическая природа энергетического барьера (порога) связана с разной энергией формирования кислородных и металлических вакансий, что согласуется с широко известной моделью формированию кислород-избыточного состояния. Легированные манганиты кристаллизуются в перовскитоподобной структуре с плотной упаковкой атомов, не допускающей существование междоузельных атомов, а основной вид точечных дефектов представляет собой вакансии анионов и катионов.

В этом случае кислород-избыточное состояние характеризуется повышенным содержанием катионных вакансий. Механизм образования избыточного КС в таких кристаллах предполагает формирование дополнительных кристаллических ячеек с недостатком катионов за счет обеднения нескольких полнокомплектных. Т.е. физический механизм формирования избыточного КС предполагает процесс генерации металлических вакансий, который, в свою очередь, активируется при температурах $T > 600^\circ \text{C}$.



Список литературы

1. Николаенко, Ю.М. Эффект "стабилизации" кислородного содержания в пленках $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_{3-\delta}$ при термообработке на воздухе / Ю.М. Николаенко, Н.Б. Эфрос, Д.О. Федюк, И.Ю. Решидова // ФТТ. – 2022. – Т. 64, вып. 7. – С. 794–797.
2. Николаенко, Ю.М. Физическая природа эффекта "стабилизации" кислородного содержания в тонких пленках $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_{3+\delta}$ / Ю.М. Николаенко, В.Г. Бутько, А.А. Гусев, Н.Б. Эфрос // ФТТ. – 2023. – Т. 65, № 9. – С. 1550–1553.
3. Olsson, E. Ab initio study of vacancy formation in cubic LaMnO_3 and SmCoO_3 as cathode materials in solid oxide fuel cells / E. Olsson, X. Aparicio-Angles, N.H. de Leeuw // J. Chem. Phys. – 2016. – V. 145, № 1. – Art.No 014703. – 10 p.
4. Николаенко, Ю.М. Диффузия кислорода в $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_{3-\delta}$ пленках разной толщины на NdGaO_3 -подложках / Ю.М. Николаенко, Н.Б. Эфрос, А.Н. Артемов // ЖТФ. – 2021. – Т. 91, № 12. – С. 1957–1963.
5. Nikolaenko, Yu.M. Non-uniform oxygen diffusion in epitaxial $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_{3-\delta}$ film on SrTiO_3 substrate / Yu.M. Nikolaenko, A.N. Artemov, Yu.V. Medvedev, N.B. Efros, I.V. Zhikharev, I.Yu. Reshidova, A.A. Tikhii and S.V. Kara-Murza // J. Phys. D: Appl. Phys. – 2016. – V. 49, № 37. – Art.No 375302. – 7 p.

УДК: 539.216.2

ОСОБЕННОСТИ ОСАЖДЕНИЯ МЕТАЛЛА НА ПОДЛОЖКУ SiO_2/Si С ЛАТЕНТНЫМИ ТРЕКАМИ

Оморокков 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

omorokovdb@vglta.vrn.ru

Разработка технологий, позволяющих применять нанометровый диапазон размеров для создания электронных приборов, интенсивно развивает

такие направления, как молекулярно-лучевая эпитаксия, плазменное и ионное ассистирование при конденсации, использование излучения мощных импульсных ксеноновых ламп, нанолитография. Эти технологии позволяют получать такие структуры, как наноразмерные кластеры различных материалов, полупроводниковые нанотрубки и др. Среди них менее известна и сравнительно недавно стала развиваться технология быстрых тяжелых ионов (БТИ), которая связана с облучением различных материалов высокоэнергетическими заряженными частицами [1]. Данное воздействие приводит к формированию в веществе узких протяженных областей радиационного повреждения, которые получили название «ионные треки» (или «латентные треки»). Латентные ионные треки образуются в результате воздействия пучка быстрых тяжелых ионов с большой энергией (в диапазоне от МэВ до ГэВ) внутри малого объема мишени («ядро ионного трека», размером $\sim 10^{-15} - 10^{-14}$ см³). Эти необычные режимы приводят к серьезным модификациям материалов посредством химических и структурных изменений, сопровождаемых импульсами тепла и давления. В дальнейшем, в результате химического травления латентных ионных треков, формируются нанопоры, которые могут иметь цилиндрическую либо коническую форму и размеры от 10 до 1000 нм [2]. Такие нанопоры могут быть актуальны и востребованы при их селективном заполнении металлом в процессе создания композиционных мембран [3].

Однако, не достаточно исследованы возможности использования быстрых тяжелых ионов в управлении структурой и субструктурой металлов и их сплавов на открытых участках подложки и внутри латентных треков.

Целью настоящей работы является исследование роста наноструктур при электрохимическом осаждении различных металлов в латентных ионных треках и на поверхности оксидированного кремния.

В работе создавали заполненные металлами протравленные ионные треки в оксидированном кремнии. Подложками для формируемых образцов являлись пластины монокристаллического кремния. В ходе следующего этапа выполнения работ латентные ионные треки, сформированные в слое SiO₂, протравливались плавиковой кислотой согласно методикам селективного химического травления.

В результате селективного химического травления латентных ионных треков в слое диоксида кремния растворами плавиковой кислоты с концентрацией 1,35 % (в течение 40 мин.) сформированы стохастически размещенные поры в виде усеченных конусов высотой 200 нм с диаметрами оснований 200 нм (на границе с Si) и 250 нм. Травление треков осуществлялось на всю глубину слоя SiO₂ до кремниевой подложки.

Далее, электрохимическим осаждением было проведено наполнение протравленных ионных треков нанокластерами металлов, а именно медью и никелем. Данный метод характеризуется высоким уровнем контроля

процесса, включая варьирование структурных параметров, таких как размеры кластера, толщина слоя, последовательность слоев, а также композиции и морфологии осаждаемого материала посредством изменения потенциала электрода.

Экспериментальная установка электрохимического осаждения состоит из потенциостата ПИ-50-1-1 с программатором ПР-8 и двухкоординатного планшетного самописца Н 307. Электрохимические эксперименты выполнены в стандартной трехэлектродной стеклянной ячейке с разделенными электродными пространствами.

При заполнении нанокластерами меди протравленных ионных треков (нанопор) в слое диоксида кремния на подложке Si следует отметить высокую селективность формирования нанокластеров Cu в нанопоре в процессе осаждения (рисунок 1). Степень заполнения нанопор нанокластерами меди приближалась к 100 %.

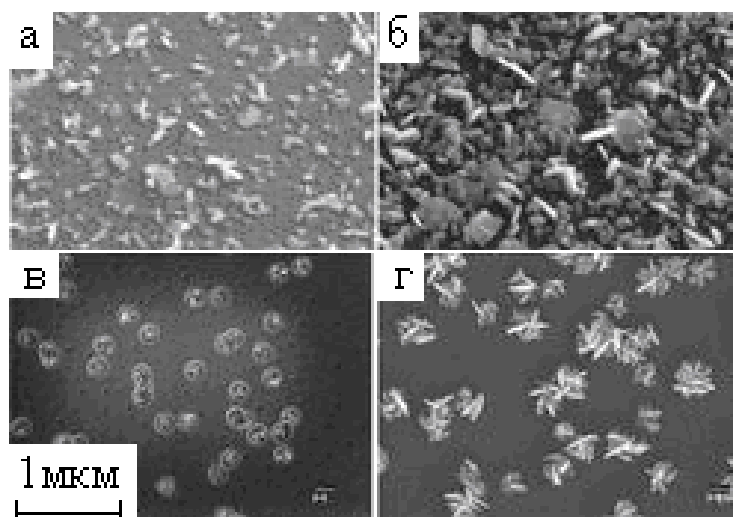


Рис.. 1. Изображения сканирующей электронной микроскопии нанокластеров Cu, осажденных на поверхность подложек SiO₂ (а, б) и в нанопоры системы SiO₂/Si (в, г) при потенциале электрода сканирующего микроскопа минус 0,5 В

Аналогично, при заполнении никелем протравленных ионных треков (нанопор) в слое диоксида кремния на подложке Si наблюдали высокую степень селективности при формировании нанокластеров никеля в процессе осаждения (рисунок 2).

При осаждении на подложку, содержащую латентные треки, никель вначале покрывает исключительно дно протравленной поры, но при этом дисперсность нанокластеров и морфология осадка (слой никеля) внутри поры и на свободной поверхности аналогичны. Осаждение никеля на поверхность окисленного кремния с латентными треками еще до полного заполнения открытых пор формирует на поверхности подложки высокодисперсную, дискретную структуру осадка. Морфология однофазного конденсата характеризуется топологическими неоднородностями с латеральными размерами в интервале 50-80 нм и высотой до 100 нм.

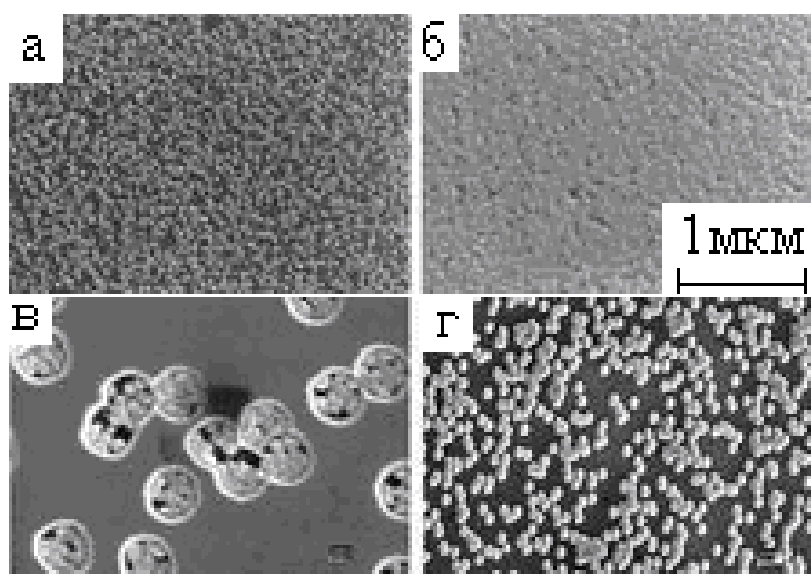


Рис. 2. Изображения сканирующей электронной микроскопии нанокластеров Ni, электроосажденных на SiO₂ (а, б) и в нанопоры системы SiO₂/Si (в, г) при потенциале электрода сканирующего микроскопа минус 1 В

Таким образом, метод электрохимического осаждения позволяет обеспечить селективное заполнение металлами области протравленных ионных треков, без образования сплошной металлической пленки на всей поверхности SiO₂ при интегральной толщине осадка меньше глубины латентного трека. В нанопоры металлы осаждаются в виде отдельных контактирующих друг с другом кластеров размером менее 80 нм.

Список литературы

1. Автоэмиссионные свойства углеродных нанотрубок и SiC вискеро- ванных с использованием частиц Ni, осажденных в ионных треках SiO₂ / Око- труб А.В., Куреня А.Г., Гусельников А.В. [и др.]. // Российские нанотехнологии. – 2009. – Т. 4, № 9-10. – С. 72-76.
2. Демьянов, С.Е. Наноструктуры систем Si/SiO₂/металл с треками быстрых тяжелых ионов / С.Е. Демьянов, Е.Ю. Канюков, А.В. Петров [и др.] // Известия РАН. Серия физическая. – 2008. – Т. – 72. – № 9. – С. 1262-1264.
3. Способ создания композиционной мембраны для очистки водорода // патент России № 2538577. 2015. Бюл. № 1 / В.М. Иевлев, Е.К. Белоногов, А.А. Максименко [и др.].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ «АНТИГРАВИТАЦИИ» И УСТАНОВЛЕНИЕ ЕЁ СВЯЗИ С ПОСТОЯННОЙ ХАББЛА

Перов Н.И.^{1,2}, канд. физ.-мат. наук, доц.

¹ГАУК ЯО «Культурно-просветительский центр имени В.В. Терешковой»,
г. Ярославль, РФ

²ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет
им. К.Д. Ушинского», г. Ярославль, РФ
perov@yarplaneta.ru

Введение. В работе [1] в результате исследования Местной группы, состоящей из 50 гравитационно связанных галактик (в ее массу – $M=3$ трлн. масс Солнца – входят звезды, межзвездная среда, темная энергия), а также изучения 24 галактик вне группы – так называемый поток, – удаляющихся от группы «по закону Хаббла», установлено, что на каждую частицу потока действуют ньютоновская сила притяжения к массе M и эйнштейновская сила отталкивания, создаваемая темной энергией. Первая сила с отрицательным знаком убывает по закону обратных квадратов с ростом расстояния от центра группы (по модулю). Вторая сила имеет положительный знак и растет с расстоянием по линейному закону (сила антитяготения в приближении слабого поля). На некотором расстоянии R равнодействующая этих сил обращается в 0. Это расстояние – из теории – равно $R=1.3$ Мпк, что близко к радиальному размеру Местной группы ~ 1 Мпк. Поток находится на расстояниях R , и сила антитяготения заставляет галактики двигаться с ускорением. Такого рода физических условий в мире астрономии прежде не знали. Ускоряющийся поток разбегания галактик вокруг Местной группы представляет собой ближайший к нам пример локальной астрономической структуры нового, неизвестного ранее типа, построенной по законам общей теории относительности.

Цель. Рассмотрим движение пробного тела в данных силовых полях с точки зрения классической механики Ньютона, определим численное значение постоянной отталкивания, вычислим соответствующее значение постоянной Хаббла и приведем примеры прямолинейного и криволинейного движений в этих физических моделях.

Основные уравнения. Представим уравнение движения малого тела, на основании вышесказанного, в виде

$$d^2\mathbf{r}/dt^2 = -GM\mathbf{r}/r^3 + \alpha\mathbf{r}. \quad (1)$$

Здесь \mathbf{r} – радиус-вектор этого тела, M – масса массивного тела, G – гравитационная постоянная, α – постоянная «отталкивания».

Умножим скалярно обе части уравнения (1) на вектор $d\mathbf{r}/dt$, после интегрирования получим аналог закона сохранения энергии E

$$V^2/2 = GM/r + \alpha r^2/2 + E. \quad (2)$$

Умножим векторно обе части уравнения (1) на вектор \mathbf{r} , после интегрирования получим аналог закона сохранения момента импульса \mathbf{L}

$$[\mathbf{r}, d\mathbf{r}/dt] = \mathbf{L}. \quad (3)$$

При переходе к полярным координатам (r и φ), имеем

$$r^2 d\varphi/dt = L. \quad (4)$$

Представляя V^2 в виде

$$V^2 = (dr/dt)^2 + r^2(d\varphi/dt)^2, \quad (5)$$

с учётом соотношений (2) и (4), найдём связь между r и φ

$$\int_{r_0}^{r_k} \frac{dr}{\sqrt{\frac{\alpha r^6}{L^2} + \frac{2Er^4}{L^2} + \frac{2GM}{L^2} - r^2}} = \int_{\varphi_0}^{\varphi_k} d\varphi. \quad (6)$$

$$\text{Примем } L = r_0 \cdot V_0. \quad (7)$$

В случае прямолинейного движения ($L = 0$), имеем

$$\int_{r_0}^{r_k} \frac{dr}{\sqrt{\frac{2GM}{r} + \alpha r^2 + 2E}} = \int_{t_0}^{t_k} dt. \quad (8)$$

Определение постоянной антигравитации α . Выражение для силы отталкивания F_{omm} , действующей на частицу, подставим в равенство сил притяжения F_{np} и отталкивания (по модулю, на указанном расстоянии), получим формулу для определения значения постоянной антигравитации α

$F_{np} = -GMm/r^3$ – сила притяжения,

$F_{omm} = \alpha m r$ – сила отталкивания (в приближении слабого поля),

$$\alpha = GM/R^3 = (6.674 \cdot 10^{-11} \cdot 3 \cdot 10^{12} \cdot 2 \cdot 10^{30}) / (1.3 \cdot 10^6 \cdot 206265 \cdot 149597888.9 \cdot 10^3)^3 = 6.203751 \cdot 10^{-36} \text{ 1/c}^2. \quad (9)$$

Пример 1 (криволинейное движение). При $M = 3 \cdot 10^{12} M_C$, $r_0 = R = 1.3$ Мпк, $V_0 = 5000000$ м/с, $r_k = \infty$, $\varphi_0 = 0$, с учётом соотношений (2) – (7), найдём $\varphi_k = 1.55120074$ рад. При конечных расстояниях r зависимость $\varphi = \varphi(r)$ представлена на рисунках (рис. 1) и (рис. 2).

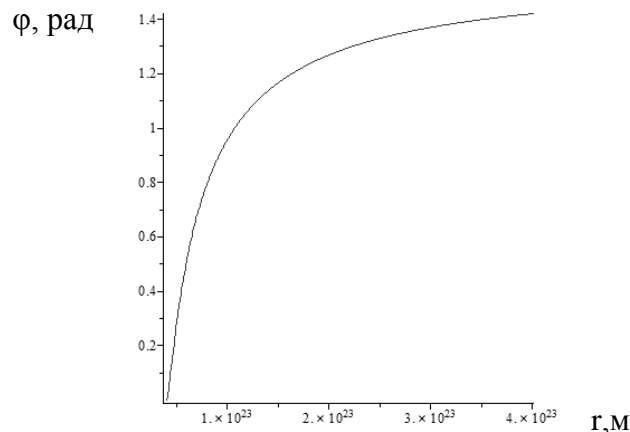


Рис. 1. Зависимость угла φ от расстояния r ($r_0 < r < 10 r_0$)

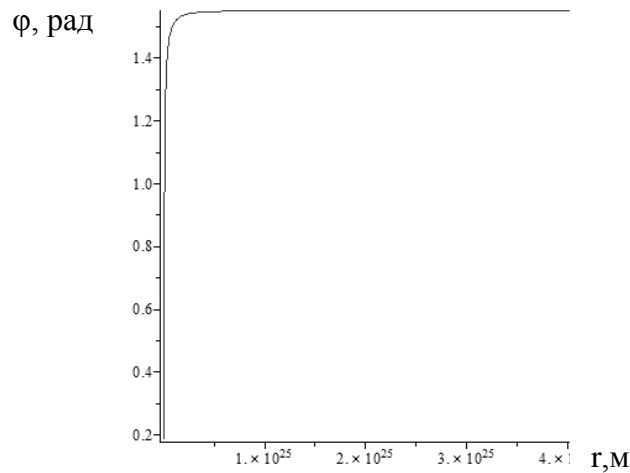


Рис. 2. Зависимость угла ϕ от расстояния r ($r_0 < r < 1000r_0$)

Пример 2 (прямолинейное движение). При прямолинейном движении исходное уравнение представим в виде

$$d^2r/dt^2 = -GM/r^2 + \alpha r. \quad (10)$$

График зависимости скорости V от расстояния r имеет вид (рис. 3), с учётом (2) и следующих начальных данных: $G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$, $\alpha = 6.203751279 \cdot 10^{-36} 1/\text{с}^2$, $M=3 \cdot 10^{12} M_{\text{C}}$, $M_{\text{C}}=10^{30} \text{ кг}$, $r_0=5 \text{ Мпк}$, $V_0=-100000 \text{ м/с}$,

$$V = (2GM/r + \alpha r^2 + 2E)^{1/2}.$$

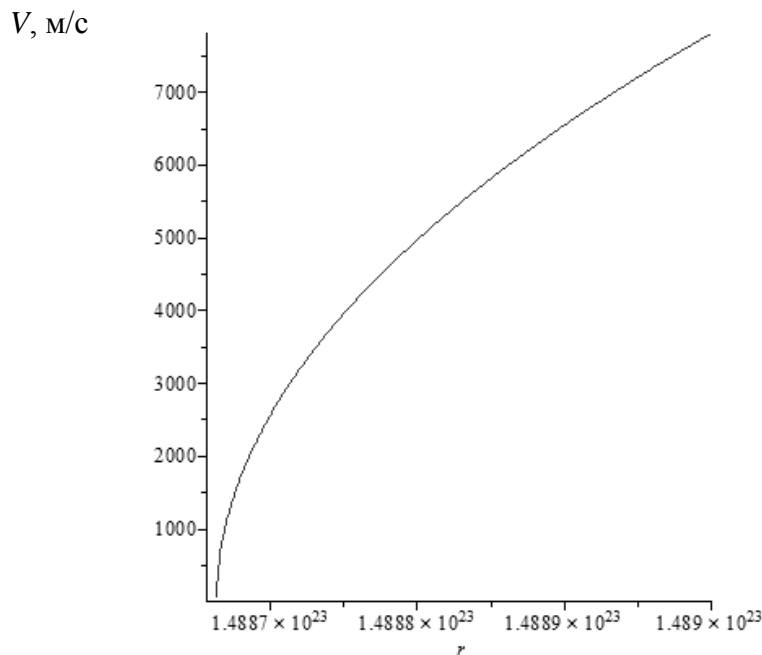


Рис. 3. Зависимость скорости V от расстояния r в прямолинейном движении.

Заключение. 1. Предложенная модель качественно объясняет явления как удаления галактик друг от друга, так и их сближения (в зависимости от начальных условий).

2. Постоянная Хаббла, определённая по реликтовому излучению, равна $H_r = 2.1842 \cdot 10^{-18} 1/\text{с}$. Эта же величина, определённая по случайному

появлению сверхновых звёзд, имеет значение $H_S = 2.3991 \cdot 10^{-18}$ 1/с. Причина расхождения H_r и H_S не выяснена [2]. Обратим внимание, что величина $(\alpha)^{1/2}$, вычисленная с помощью соотношения (9), имеет значение $(\alpha)^{1/2} = 2.4907 \cdot 10^{-18}$ 1/с. Таким образом, величина H_r отличается от величины $(\alpha)^{1/2}$ максимум на 14 %, а величина H_S отличается от величины $(\alpha)^{1/2}$ максимум на 3.7 %.

3. Величину $(\alpha)^{1/2}$ предлагается использовать для интерпретации постоянной Хаббла (при больших расстояниях).

Список литературы

1. Черепашук, А.М., Чернин, А.Д. Список Гинзбурга: гравитационные волны, черные дыры, темная энергия // Природа. – 2017.– №10 (1226). Октябрь. – Стр. 4-20. Ежемесячный естественнонаучный журнал Российской академии наук.
2. Reid, M. J., Pesce, D. W., Riess, A. G. (18 Nov 2019), An Improved Distance to NGC 4258 and its Implications for the Hubble Constant, arXiv: 1908.05625v2 [astro-ph.GA].

УДК 621.923

ЗАВИСИМОСТЬ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ МОДЕЛЬНЫХ МАГНИТНО-АБРАЗИВНЫХ ПОРОШКОВ ОТ РАЗМЕРА ЗЕРНА

Полищук В.С., д-р техн. наук, *Алехов Ю.А.*, *Пересадченко А.Н.*
ФГБНУ «Научно-исследовательский институт «Реактивэлектрон», г. Донецк, РФ.
reaktivelektron@mail.ru

Введение. Важнейшим фактором, определяющим требования к магнитно-абразивным материалам, являются магнитные и абразивные свойства.

Процесс абразивной обработки при котором магнитное поле действует на ферромагнитное тело с силой, позволяющей производить абразивную обработку называется магнитно-абразивной обработкой (МАО). При этом в зоне обработки происходит механическое резанье без промежуточных механизмов. Порошки для МАО – композиционные магнитно-абразивные порошки (КМАП) – должны обладать магнитными и абразивными свойствами [1].

Цель работы определение зависимости магнитных свойств магнитно-абразивных порошков от размера зерна.

Основная часть. На сегодня малоизучены магнитные свойства порошковых материалов в том числе магнитно-абразивных.

Тем боле, что в магнитном поле магнитно-абразивные частицы выстраиваются вдоль силовых линий магнитного поля взаимодействуя между собой [2]. В результате образуются компактные веретенообразные

структуры которые располагаются основанием на полюсных наконечниках магнитных систем установок МАО (Рис1).

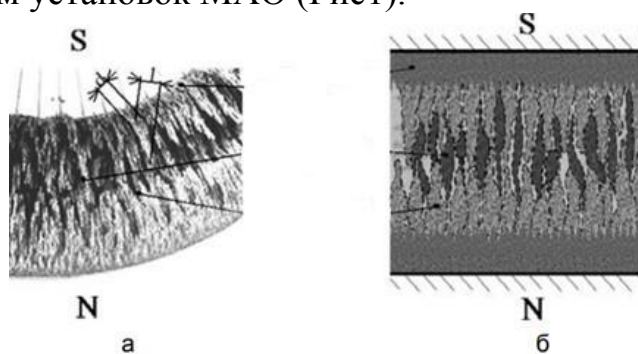


Рис. 1. Структура КМАП в рабочей зоне МАО

Таким образом в рабочей зоне МАО образует шлифовальный инструмент – магнитно-абразивный порошок – который связан магнитным полем [3].

Для выявления зависимости магнитных свойств КМАП от размера их частиц изготовлены глобулярные (округлой формы) КМАП различного фракционного состава. Экспериментальные образцы изготовлены на основе монодисперсных частиц распыленного железа и карбида титана (TiC7/5 20Fe80 об) (поверхностное расположение абразива).

Композиционные зерна КМАП формировали поэтапно. Сначала в качестве магнитного ядра зерна КМАП подбирали железный порошок необходимой конфигурации и размеров зерна или путем технологической обработки формировали необходимые его форму и размеры. При помощи набора сит разделяли зерна на фракции. После этого на поверхность полученного магнитного железного ядра наносили абразивный компонент со связующим.

Измерения магнитных свойств КМАП проводили по методике измерения магнитно-массовой пробы (ММП). Соответствующая установка позволяет изучать свойства гранулированной среды в магнитном поле методом измерения массы структуры, образующейся в магнитном поле [4].

Пример данной структуры КМАП в магнитном поле установки по измерению ММП приведен на рис. 2.



Рис. 2. Структура КМАП в магнитном поле установки по измерению магнитно-массовой пробы

Результаты измерений ММП представлены на рис. 3.

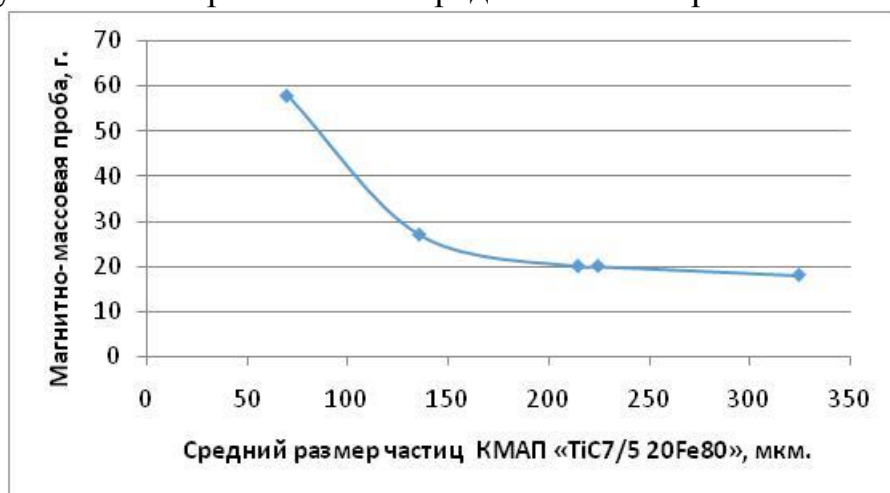


Рис. 3. Зависимость магнитно-массовой пробы от размера зерна модельных глобулярных КМАП (Fe 60 % TiC7/5 40 % об) с поверхностным расположением абразива

Из рисунка видно, что увеличение среднего размера глобулярных частиц КМАП до 320 мкм приводит к уменьшению ММП от 60 до 18 г. Это, по всей видимости, связано с более плотной упаковкой мелких частиц КМАП в магнитном поле. Аналогичная зависимость получена для КМАП с алмазной абразивной составляющей «С7/5 40 Fe 60 % об».

Выводы. С точки зрения обеспечения высоких магнитных свойств КМАП глобулярной формы с поверхностным расположением абразива желательно применять магнитно-абразивные порошки с размерами не более 250 мкм.

Список литературы

1. Полищук, В. С. Интенсификация процессов получения карбидов, нитридов и композиционных материалов на их основе / В. С. Полищук. – Севастополь: Вебер, 2003. – 327 с.
2. Сандуляк, А.А. О свойствах «коротких» гранулированных магнетиков с неупорядоченными цепочками гранул: поле между гранулами / А.А. Сандуляк, В.А. Ершова, Д.В. Ершов и др. // Физика твердого тела. 2010. – Т.52. – В.10.
3. Степанов, О.В. Анализ динамических характеристик ферроабразивного инструмента при магнитно-абразивной обработке / О.В. Степанов, В.С. Майборода, В.Я. Шлюко и др. // Технология и автоматизация машиностроения. – 1989. – № 43. – С. 94 – 97.
4. Полищук, В.С. Установка для экспресс измерения магнитных свойств магнитно-абразивных порошков / В.С. Полищук, Ю.А. Алехов, А.Н. Пересадченко, И.Н. Волошанович // V Международная научная конференция «Донецкие чтения 2020: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности», г. Донецк, 17-18 ноября 2020. т.1, ч. 2. – С. 40-43.

СИЛА ОТТАЛКИВАНИЯ МЕЖДУ ДВУМЯ ТЕЛАМИ

Полякова И.С.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,
г. Краснодар, РФ
polinga@bk.ru

Введение. В статье рассмотрены способы вычисления силы отталкивания между двумя объектами, в частности, когда одним из объектов является Земля. Сила отталкивания от земли может быть использована для подъема над Землей, например, в каких-то летающих аппаратах.

Основная часть. Люди всегда искали вечный двигатель, возможность использовать какие-то ресурсы постоянно, но, может быть, использование неисчерпаемых ресурсов как раз может быть этим вечным двигателем. То есть «вечные двигатели» – это ветряные мельницы, солнечные батареи, гидроэлектростанции. Люди используют энергию ветра (ветряные мельницы), энергию солнца (солнечные батареи), энергию воды (гидроэлектростанции). Так почему бы не использовать силу притяжения земли? Не использовать энергию, силу притяжения земли? [1, 2].

Еще Ньютон, после того, как ему на голову упало яблоко, понял, что к Земли все объекты притягиваются, но есть ли объекты (материалы), которые от Земли отталкиваются? Все знают, что одноименно заряженные частицы отталкиваются... Что одноименно заряжено с Землей? Если объекты к Земле притягиваются, то, значит, они разноименно заряжены. Если объекты к Земле притягиваются, то они могут и отталкиваться.

Мы все преодолеваем силу притяжения, а надо использовать ее. Использовать силу притяжения земли для подъема над землей, например, для летающих машин. Мы сейчас ездим на бензиновых реакторах. Это должно быть что-то кардинально новое, какой-то новый материал, который отталкивается от Земли... Нам сложно представить, что силу тяготения можно использовать для того, чтобы летать. Скорость считается не у статичных тел.

Ядро Земли – центральная, наиболее глубокая часть планеты Земля, геосфера, находящаяся под мантией Земли и, предположительно, состоящая из железо-никелевого сплава с примесью других сидерофильных элементов. Принято считать, что Земля имеет отрицательный заряд около 600000 Кл.

У нас нет материалов, которые от Земли отталкиваются. Может, их можно создать, но как? Что отталкивается от железа? По идее, сплав железа и никеля с примесью других сидерофильных элементов, отрицательно заряженный, должен отталкиваться от Земли.

Сила притяжения двух, разноименно заряженных, тел равна силе отталкивания этих тел, заряженных одноименно. Все предметы притягиваются к Земле с силой $F=mg$ [3], тогда можно допустить, что и отталкиваться одноименно заряженные предметы будут с такой же силой, то есть силу отталкивания можно записать формулой;

$$F_{\text{оталк}}=mg;$$

где m – масса тела; g – ускорение свободного падения, $g = 9.8 \frac{M}{c^2}$

В частности, согласно Ньютонскому закону всемирного тяготения, сила притяжения двух тел вычисляется по формуле [4]:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2};$$

где G – гравитационная постоянная, $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{M^3}{кг \cdot c^2}$; m_1, m_2 – массы взаимодействующих тел; r – расстояние между телами.

При удалении от поверхности Земли сила земного притяжения и ускорение свободного падения изменяются обратно пропорционально квадрату расстояния до центра Земли.

Можно предположить, что и отталкиваться одноименно заряженные тела будет с такой же силой.

Теперь предположим, что одним из тел будет Земля:

$$F = G \frac{M \cdot m}{R^2};$$

где G – гравитационная постоянная; M – масса Земли, $M=5.98 \cdot 10^{24}$ кг; R – радиус Земли, $R=6.38 \cdot 10^6$ кг.

Тогда сила отталкивания между Землей и телом массой 1 кг равна:

$$F = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{5.98 \cdot 10^{24} \cdot 1}{(6.38 \cdot 10^6)^2} = 9.79 \text{ Н.}$$

То есть сила отталкивания между Землей и телом массой 1 кг будет равна 9,79 Н, что возможно. Тогда сила отталкивания между землей и телом массой восемьдесят килограмм (среднестатистический человек), будет равна 783 Н, а сила отталкивания между Землей и машиной массой три тонны будет 29370 Н.

Теперь рассмотрим формулу силы притяжения между телами в космосе и проведем по ней расчеты. Также допустим, что и в данном случае сила притяжения равна силе отталкивания.

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2 \cdot r}{2}$$

где G – гравитационная постоянная, $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{M^3}{кг \cdot c^2}$; m_1, m_2 – массы взаимодействующих тел; r – расстояние между телами.

Теперь предположим, что одним из тел будет Земля:

$$F = G \frac{M \cdot m \cdot R}{2}$$

где G – гравитационная постоянная; M – масса Земли, $M=5.98 \cdot 10^{24}$ кг; R – радиус Земли, $R=6.38 \cdot 10^6$ кг.

Вычислим силу отталкивания между Землей и телом массой 1 кг, если, допустим, тело находится на поверхности Земли или на расстоянии над Землей, ничтожно малом по сравнению с радиусом Земли. Тогда данная сила равна:

$$F = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{5.98 \cdot 10^{24} \cdot 1 \cdot 6.38 \cdot 10^6}{2} = 127 \cdot 10^{18} \text{ Н}$$

Сила получается очень большой, что маловероятно.

Таким образом, мы попробовали создать формулы для вычисления силы отталкивания двух тел, одноименно заряженных. При этом мы предположили, что сила отталкивания двух одноименно заряженных тел равна силе притяжения этих же тел, заряженных разноименно. Вообще, можно говорить только о силе притяжения между огромными объектами, планетами.

Заключение. Таким образом, можно считать силу отталкивания между двумя телами, одноименно заряженными и считать, что она равна силе притяжения между ними. Если тела к Земле притягиваются, то они могут и отталкиваться. Эту силу отталкивания можно использовать для подъема над землей, например, для летающих машин.

Список литературы

1. Балашов М.М.. Физика: Механика. 10 кл.: учеб. для углубленного изучения физики / М.М. Балашов, А.И. Гомонова, А.Б. Долицкий [и др.]. – М.: Дрофа, 2002. – 496 с. – ISBN 978-5-358-08027-0.
2. Громов С. В. Физика: учеб. для 7 кл. общеобразовательных учреждений/ С. В. Громов, Н. А. Родина. – 4-е изд. – М.: Просвещение, 2022. – 224 с. – ISBN 978-5-09-065580-4.
3. Луцевич А. А. Физика: учеб. пособие / А. А. Луцевич, С. В. Яковенко. – Мн.: Выш. шк., 2000. – 495 с. – ISBN 978-06-0469-7.
4. Пинский, А. А. Физика : учебник для СПО / А.А. Пинский, Г.Ю. Граковский. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. – 560 с. – ISBN 978-5-00091-739-8.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОЛУЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОКРАШЕННОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ

Просвирина И.С.

ГБОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный
университет», г. Астрахань, РФ
Isp15@yandex.ru

Введение. Окрашивание металлических конструкций является одним из ключевых этапов в их производстве. Оно выполняет две основные функции: защиту от коррозии, вызванной воздействием агрессивных сред при различных температурно-влажностных условиях, и улучшение качества металлической поверхности. Когда окрашивание проводится в закрытом помещении, лакокрасочные покрытия имеют более высокое качество по сравнению с окрашиванием на открытом воздухе. Это приводит к увеличению срока эксплуатации металлической конструкции и улучшению экологических показателей.

Цель работы – разработать алгоритм получения требуемой температуры поверхности окрашенной металлической конструкции при сушке в укрытии тентового типа при отрицательных температурах наружного воздуха.

Основная часть. При низких температурах окружающей среды процесс сушки окрашенных металлических конструкций замедляется, а также может возникать нарушение целостности покрытия. Идеальными условиями для покраски считаются температура в диапазоне от 10 до 20 °С, влажность 60-65 % и наличие эффективной вентиляции, способствующей более быстрому испарению растворителя из краски [1].

В связи с этим, важным направлением исследований является изучение и моделирование процессов конвективного теплообмена, при котором искусственно поддерживается положительная температура внутри тентового укрытия для улучшения качества окрашенного покрытия и сокращения времени сушки. Этот процесс осуществляется с помощью установки тепловентилятора, размещаемого за пределами укрытия на открытом воздухе и направляющего теплый воздушный поток по воздуховодам внутрь тентового укрытия. Это позволяет повысить температуру внутри укрытия, что, в свою очередь, способствует увеличению скорости сушки окрашенных металлических конструкций.

Теплый воздушный поток от тепловентилятора обеспечивает дополнительную энергию, которая помогает ускорить испарение растворителя и влаги из покрытия. Однако необходимо контролировать температуру и обеспечивать достаточную вентиляцию, чтобы избежать

возможных проблем, таких как повышенное испарение растворителя, перегрев или нежелательные эффекты на окружающую среду [2].

Использование тепловентилятора в сочетании с другими рекомендованными методами и условиями, такими как плотность нанесения покрытия, контроль влажности и хорошая вентиляция, может помочь ускорить процесс сушки окрашенных металлических конструкций при низких температурах и повысить качество покрытия.

Для оперативного управления технологическим процессом сушки окрашенной металлической конструкции был разработан алгоритм, функционирование которого осуществляется по этапам, представленным на рисунке.

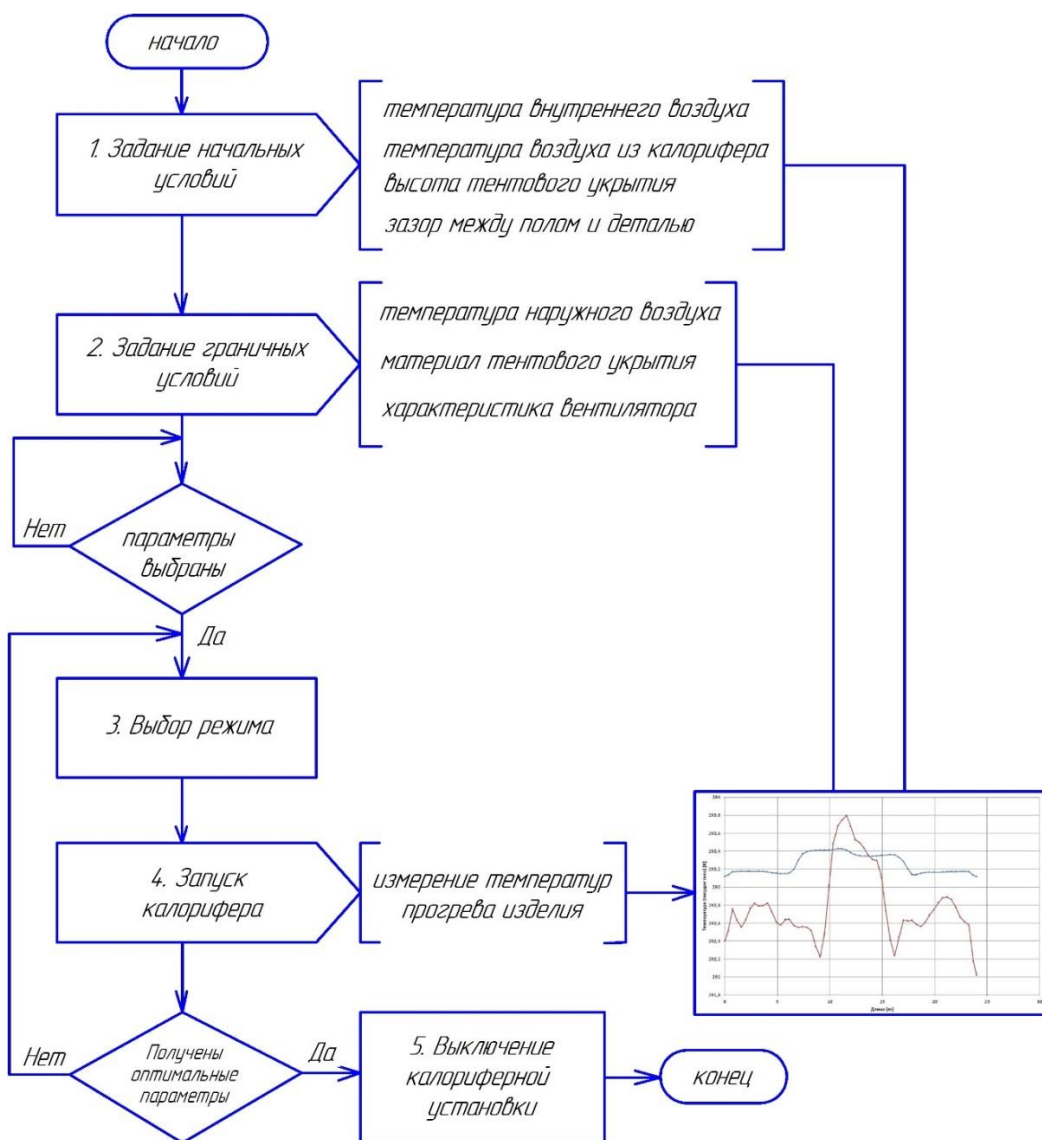


Рис. Поэтапный алгоритм получения требуемой температуры поверхности окрашиваемой металлической конструкции

В соответствии с данным алгоритмом создана автоматизированная система, основанная на современной программной технике [3]. С её по-

мощью можно провести расчёт технологических параметров для сушильных камер и подобрать подходящее теплогенерирующее оборудование.

Полученный алгоритм описывает шаги или подходы, которые рекомендуется использовать при подборе оборудования и разработке режимных карт. Он может предлагать рекомендации по анализу требований проекта, выбору подходящего оборудования, определению оптимальных режимов работы и разработке соответствующих карт.

Заключение. Предложенный алгоритм и разработанное программное обеспечение ориентировано на практическое применение для подбора оборудования и разработки соответствующих режимных карт.

Программное обеспечение может быть полезным инструментом для инженеров, проектировщиков или специалистов в области техники, занимающихся выбором оборудования и определением оптимальных режимов работы. Оно может предоставлять функциональность, позволяющую анализировать требования и характеристики проекта, а затем предлагать подходящие варианты оборудования и соответствующие режимные карты.

С использованием программы оптимизации, учитывающей различные факторы, такие как климатические условия, период года и условия выполнения работ, можно выбрать наилучший режим сушки окрашенных металлических конструкций.

Список литературы

1. Эмаль ЭП-46У: ТУ 2312-024-98605321-2007. – С.-Пб.: ЗАО «Биохим», 2007. – 2 с.
2. РД 31.52.17-86 Рекомендации по искусственному обогреву при окрашивании судов в доках. – М.: Министерство морского флота. – 1986 г. – 45 с.
3. Определение параметров воздуха в сушильной камере шатрового типа. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021615817 Рос. Федерации, № 2021612355; заявл. 24.02.2021; опубл. 13.04.2021.

УДК 539.2

ПРОЯВЛЕНИЕ КВАНТОВО-РАЗМЕРНОГО ЭФФЕКТА ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ В НЕИДЕАЛЬНОЙ 1D ФОТОННОЙ РЕШЕТКЕ НАНОПОР

Рыбалка А.Е., Гладилин О.А., Федоров С.А., канд. физ.-мат. наук,
Румянцев В.В., д-р физ.-мат. наук, проф.

ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, РФ
rybalka96@inbox.ru

Введение. Многие параметры (плотность, модуль Юнга, электрическое сопротивление, намагниченность и т.п.), отражающие свойства макроскопических твердотельных образцов, представляют собой

результат усреднения соответствующих измеряемых величин. Измерения же механических, электрических, оптических свойств наноструктурированных материалов показывают, что в микронном или нанометровом диапазоне эти объекты проявляют новые свойства [1,2]. Изменение электронных и оптических характеристик нанобразцов следует учитывать при исследовании их колебательных свойств. При работе с нанообъектами надо принимать во внимание также влияние поверхности наноструктуры.

Характеристики нанообъекта сильно зависят от его размерности. Одномерный образец – структура, нанометрового масштаба только в одном измерении (нанопленка) называется квантовой ямой, двумерный нанообъект, имеющий нанометровые размеры в двух измерениях, называют нанопроволкой, наномасштабный трехмерный образец – квантовая точка.

Отмеченные изменения свойств исследуемого образца свидетельствуют о наличии квантово-размерного эффекта (КРЭ). Этот эффект связан с дискретизацией (квантованием) энергии и проявляется, если хотя бы один из геометрических размеров нанообразца соизмерим с длиной волны де Бройля соответствующих квазичастиц и/или носителей заряда, перемещение которых ограничено потенциальными барьерами в одном, двух или трёх направлениях соответственно размерности объекта нанометрового масштаба.

Цель данной работы: рассмотреть появление КРЭ при исследовании распространения электромагнитных возбуждений в неидеальных 1D фотонных решетках нанопор, содержащих квантовые точки. В частности, получить соответствующий дискретный энергетический спектр $\Omega(\vec{k})$ квазичастиц (поляритонов), и выполнить математическое моделирование зависимости $\Omega(\vec{k})$ и ширины нижней запрещенной энергетической зоны поляритонов от концентрации структурных дефектов в данной структуре.

Основная часть. Впервые факт изменения числа заполненных дискретных энергетических уровней носителей заряда ниже энергии Ферми в зависимости от геометрических размеров проводника отметили И.М.Лифшиц и А.М.Косевич [1], экспериментальные исследования КРЭ в проводимости тонких пленок висмута представлены в работе [3].

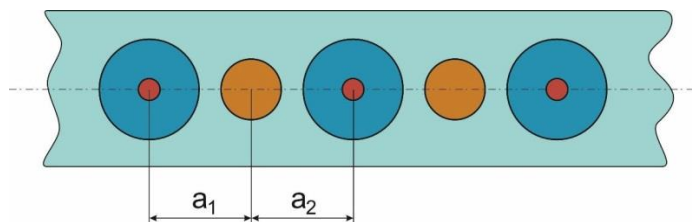


Рис. 1. Схематическое изображение виртуальной решетки микропор, a_1, a_2 – положения микропор, полученные в результате конфигурационного усреднения с использованием ПВК

В качестве примера наноразмерного объекта рассмотрим дисперсию поляритонных возбуждений в одномерном неидеальном двухподрешеточном массиве туннельно связанных наноразмерных пор (резонаторов), содержащих в одной из подрешеток (например, в первой) атомарные нанокластеры – квантовые точки (см. рис.1), причем неидеальность исследуемой системы обусловлена вариацией положений пор. Концентрация этих структурных дефектов в данном случае C_1 и C_2 .

Поляритонный спектр $\Omega(\vec{k})$ для такой системы получаем в рамках теоретической модели [4,5]. В соответствии с [4,5] в результате диагонализации усредненного гамильтониана системы и использования приближения виртуального кристалла получаем в приближении ближайших соседей систему линейных однородных уравнений, условием разрешимости которой является равенство нулю детерминанта:

$$\begin{vmatrix} \hbar\omega_1^{at} - V_{11}(k) - \hbar\Omega & g_1 & 0 \\ g_1 & \hbar\omega_1^{ph} - \hbar\Omega(k) & -A_{12}(k) \\ 0 & -A_{21}(k) & \hbar\omega_2^{ph} - \hbar\Omega(k) \end{vmatrix} = 0. \quad (1)$$

Здесь $A_{12(21)}$ - фурье-образ матрицы A_{n1m2} , характеризующей перекрытие оптических полей резонаторов $\vec{n}1$ -го и $\vec{m}2$ -го узлов решетки и, следовательно, определяющей вероятность туннельного перехода соответствующего электромагнитного возбуждения, V_{11} - фурье-образ матрицы $V_{\vec{n}1\vec{m}1}$ резонансного взаимодействия квантовых точек в узлах $\vec{n}1$ и $\vec{m}1$, g_1 – параметр резонансного взаимодействия квантовой точки в узле $\vec{n}\alpha$ с локализованным в этом узле электромагнитным полем.

На рис.2а 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 квантовые точки (нумерация поверхностей – снизу вверх).

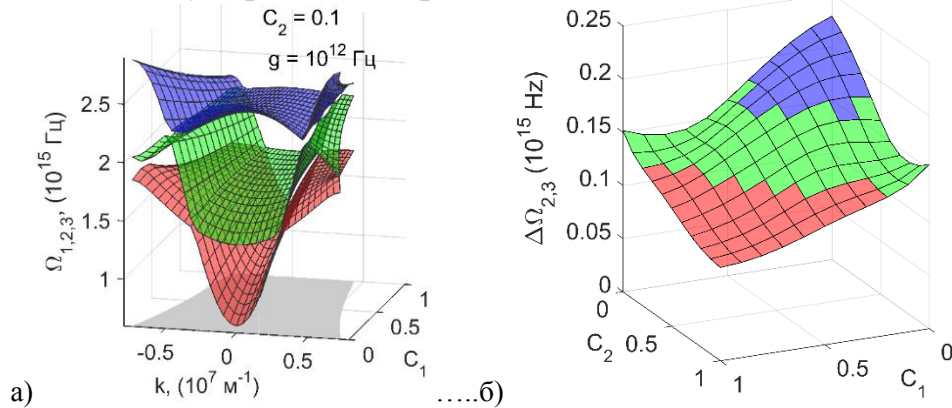


Рис. 2. а) – зависимость дисперсии поляритонов $\Omega_{1,2,3}(k, C_1, C_2)$ от концентрации дефектов структуры при значении параметра $g \equiv g_1/\hbar$;
 б) – концентрационная зависимость нижней запрещенной энергетической зоны поляритонов $\Delta\Omega_{23}(C_1, C_2)$ в данной структуре.

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. 2а).

Особенности формы дисперсионной поверхности $\Omega_3(k, C_1, C_2)$ на рис. 2. свидетельствуют о возможности существования при определенных концентрациях дефектов структуры бозе-эйнштейновского поляритонного конденсата, благодаря наличию у дисперсионных поверхностей $\Omega_3(k, C_1, C_2)$ локального минимума при значениях $k \neq 0$ (дополнительно к обнаруженному поляритонному конденсату при $k = 0$).

Заключение. Изучение размерных эффектов связано с появлением нанотехнологий, с расширением возможностей электроники. В связи с появлением оптоэлектронных устройств, использующих различные приложения современной фотоники, начиная от сбора света нанофотонными волноводами до квантовой обработки информации, особую актуальность приобретает изучение нанокристаллических фотонных структур, использование массивов пористых структур и квантовых точек. Полученные результаты могут быть использованы при создании *наноустройств*, например, сенсоров, способных обнаруживать малые смещения (в диапазоне 10^{-12} м) и работающих при высоких частотах (до 10 ГГц).

Список литературы

1. Лифшиц И. М., Косевич А. М. Об осцилляциях термодинамических величин для вырожденного ферми-газа при низких температурах // Изв. АН СССР. Сер. физ. – 1955. – № 19. – С. 395.
2. Сандомирский В. Б. К теории квантовых эффектов в // Электроника. – 1962. – № 7. – С. 1971.
3. Комник Ю.Ф., Бухштаб Е.И., Наблюдение квантового и классического размерных эффектов в поликристаллических тонких пленках висмута // ЖЭТФ. – 1968. – Т.54. – С. 63-68.
4. Rumyantsev V.V., Fedorov S.A., Gumennyk K.V, Rybalka A.E. Modeling of nanometer scale physical objects // Phys Sci & Biophys J . – 2023, – 7(1): 000242.
5. Rumyantsev V.V., Fedorov S.A., Gumennyk K.V, Rybalka A.E. Features of light-matter coupling in non-ideal lattice of coupled microcavities containing quantum dots // Condensed Matter. – 2023. – V.8(2). – P. 41

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАДИАЛЬНЫХ СИЛ НА ОТКЛОНЕНИЕ КОСМИЧЕСКОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ОТ КРУГОВОЙ ОРБИТЫ С ЦЕЛЬЮ ВЫПОЛНЕНИЯ МАНЕВРА УКЛОНЕНИЯ ОТ МЕТЕОРОИДНОЙ ОПАСНОСТИ

Рябоконе Д.В.^{1,3}, Левин К.Л.^{1,2}, канд. хим. наук, доц.,
Исмагилов Р.Г.¹, канд. физ.-мат. наук, доц.,
Захаров В.Ю.¹, канд. техн. наук, доц.

¹ ФГКВОУ ВО «Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного»,
г. Санкт-Петербург, РФ

² Институт высокомолекулярных соединений РАН, г. Санкт-Петербург, РФ

³ ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
г. Санкт-Петербург, РФ
Ryabokon90@gmail.com

Введение. В связи с загрязнением околоземного пространства космическим мусором [1], вероятность столкновения спутников с микрометеоритами заметно увеличивается [2, 3] Для уклонения от микрометеоритов необходимо применять изменение траектории космического летательного аппарата (ЛА).

Цель. Возникает интерес к внесению в траекторию малых отклонений, обеспечивающих избежание столкновения. Использование для этой цели аксиальных (направленных касательно траектории) сил [4], меняет высоту орбиты ЛА. Использование с той же целью радиальных сил (действующих на ЛА со- или противонаправленно направлению на центр масс гравитирующей системы) требует сопоставимые или меньшие затраты энергии. В связи с этим, имеется интерес к исследованию поправок к траекториям, вызываемым действием радиальных сил.

Основная часть. В [5] было показано, что использование радиальных сил позволяет достигнуть отклонения в радиусе орбиты ЛА достаточное для осуществления противометеоритного маневра. В связи с этим возникает вопрос, о зависимости данного отклонения от угла γ с нормалью, под которым произошло воздействие возмущающего импульса \mathbf{p} . При этом необходимо учитывать, что наиболее распространенным способом повышения (или понижения) орбиты, является воздействие импульса, тангенциального к круговой траектории (рассматриваем двухмерный случай). При этом следует учитывать, что при воздействии тангенциального импульса круговая орбита также переходит в круговую.

Вычислим отклонение, приобретаемое круговой орбитой при приложении короткого импульса \mathbf{p} к вращающемуся по круговой орбите

телу. Воспользуемся формулами, связывающими большую и малую полуоси орбиты a, b с полной энергией E и моментом импульса L [6] как:

$$a = \frac{mGM_3}{2|E|}, \quad b = \frac{L}{\sqrt{2m|E|}},$$

где M_3 – масса Земли, m – масса тела, G – гравитационная постоянная.

Введем:

$$c = \sqrt{a^2 - b^2}, \quad \alpha = mM_3G,$$

$$E_0 = -\frac{\alpha}{r_0} + \frac{mv_0^2}{2}.$$

Так как на круговой орбите $a = b = r_0$, то:

$$r_0 = \frac{\alpha}{2|E_0|} = \frac{L_0}{\sqrt{qm|E_0|}},$$

$$\Rightarrow |E_0| = \frac{\alpha}{2r_0}, \quad L = r_0 - \sqrt{qm|E_0|} = r_0 \sqrt{2m \frac{\alpha}{2r_0}} = \sqrt{m^2 M_3 G r_0},$$

т. к. $L_0 = mV_0 r_0$, то получаем:

$$mV_0 r_0 = \sqrt{m^2 M_3 G r_0}, \quad m^2 V_0^2 r_0^2 = m^2 M_3 G r_0, \quad V_0^2 = \frac{M_3 G}{r_0}.$$

Таким образом:

$$E_0 = -\frac{\alpha}{r_0} + \frac{m}{2} \frac{2\alpha}{mr_0} = -\frac{\alpha}{2r_0}.$$

Импульс P_0 сообщается под углом γ к круговой траектории. Импульс очень короткий, так что расстояние до Земли не успеваает измениться.

Полный импульс тела после сообщения импульса P_0 находим из правила сложения векторных величин (правило параллелограмма):

$$P = \sqrt{P_0^2 + (mV_0)^2 + 2P_0 mV_0 \cos \gamma}.$$

Полная энергия и момент импульса

$$E = -\frac{\alpha}{mr_0} + \frac{P^2}{2m}, \quad L = r_0 (mV_0 + P_0 \cos \gamma),$$

$$E = -\frac{\alpha}{r_0} + \frac{1}{2m} (m^2 V_0^2 + P_0^2 + 2P_0 mV_0 \cos \gamma) = -\frac{\alpha}{2r_0} + \frac{1}{2m} (P_0^2 + 2P_0 mV_0 \cos \gamma),$$

$$a = \frac{\alpha}{2|E|} = \frac{\alpha}{2 \left| \frac{\alpha}{2r_0} - \frac{1}{2m} (P_0^2 + 2P_0 mV_0 \cos \gamma) \right|} = \frac{\alpha}{\left| 1 - \frac{P_0}{m^2 V_0^2} (P_0^2 + 2P_0 mV_0 \cos \gamma) \right|},$$

$$b = \frac{L}{2\sqrt{m|E|}} = \frac{r_0 (mV_0 + P_0 \cos \gamma)}{\sqrt{2m \left| \frac{\alpha}{2r_0} - \frac{1}{2m} (P_0^2 + 2P_0 mV_0 \cos \gamma) \right|}} =$$

$$= \frac{r_0 \left(1 + \frac{P_0}{mV_0} \cos \gamma \right)}{\sqrt{\left| 1 - \frac{P_0}{m^2 V_0^2} (P_0^2 + 2P_0 mV_0 \cos \gamma) \right|}} \approx r_0 \left[1 + \frac{2P_0}{mV_0} \cos \gamma + \frac{P_0^2}{m^2 V_0^2} \right].$$

$$b \approx r_0 \left[1 + \frac{2P_0}{mV_0} \cos \gamma + \frac{P_0^2}{m^2 V_0^2} \right].$$

В заключение, сравним 2 случая:

1. Направление импульса совпадает с направлением на центр масс ($\gamma = -90^\circ$)

$$a_1 - r_0 = \frac{P_0^2}{m^2 V_0^2} r_0 = \frac{P_0 r_0^2}{\alpha m},$$

$$b_1 - r_0 = \frac{P_0^2}{2m^2V_0^2} r_0 = \frac{P_0^2 r_0^2}{\alpha m}.$$

2. Направление импульса тангенциально траектории ($\gamma = 0^\circ$)

$$a_2 - r_0 = b_2 - r_0 = \frac{2P_0}{mV_0} r_0,$$

откуда понятно, что при тангенциальном воздействии ЛА переходит с круговой на другую круговую орбиту.

Заключение. Несложно видеть, что разницы между радиусом начальной круговой орбиты r_0 и конечной орбиты (совпадает) совпадает с разницей между радиусом начальной орбиты и большой полуосью эллипса (максимальное отклонение от начальной орбиты). Таким образом показано, что использование радиального импульса не приводит к меньшим отклонениям от начальной орбиты, чем использование тангенциального импульса (отклонения в точности совпадают). Таким образом, использование радиального импульса может быть рекомендовано наряду с использованием тангенциального импульса для выполнения маневра отклонения от метеороида.

Подробное изложение материала обусловлено целесообразностью его использования в дидактических целях.

Список литературы

1. Вениаминов С.С., Червонов А. Космический мусор – угроза человечеству. – М.: ИКИ РАН, 2012. – 192 с.
2. Klinkard, H. Space Debris. Models and Risk Analysis. б.м. : – Springer, 2006. – С. 430.
3. Оголев А. В., Морозов С. В. Анализ засорённости околоземного космического пространства объектами техногенного происхождения и их влияние на функционирование космических аппаратов, Всероссийская научная конференция с международным участием «Космический мусор: фундаментальные и практические аспекты угрозы». – Москва : ИКИ РАН, 2019. – С. 15 – 19.
4. Грудин Д. В., Мельников Е. К. Методы и практическая реализация уклонений МКС и других функционирующих космических аппаратов от опасно сближающихся с ними объектов, Всероссийская научная конференция с международным участием «Космический мусор: фундаментальные и практические аспекты угрозы. – Москва : ИКИ РАН, 2019. – С. 176 – 182.
5. Kirill Levine ; Ravil' Ismagiliov, Studying the Influence of Radial Forces on Satellites Orbiting, Studying the influence of radial forces on satellites orbiting. – 2023. – Vol. 55, No. 3. – P. 379 – 384, DOI : 10.6125/JoAAA.202309_55(3).08.
6. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. Т. 1. Механика. – Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, – 1973. – 208 с.

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ BSMO МАНГАНИТОВ

Самойленко З.А.¹, д-р физ.-мат. наук,
Ивахненко Н.Н.^{1,3}, канд. физ.-мат. наук, доц., *Пушенко Е.И.¹*,
Сычева В.Я.¹, *Бадекин М.Ю.²*, *Лавренюк А.С.²*

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

²ФГБОУВО «Донецкий национальный университет», г. Донецк, РФ

³ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, РФ

korund2002@list.ru

Исследования явлений в манганитах помогают понять взаимосвязь между электрическими и магнитными свойствами, которая проявляется при плавлении фазы зарядового упорядочения в присутствии внешних факторов, таких как магнитное поле, электрическое поле и давление [1–3]. Исторически о наличии состояния зарядового упорядочения в манганитах первоначально сообщили Воллан и Келер в $\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ [4], а затем исследовали $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ в работе [5]. Упрощенная модель фазы зарядового упорядочения, предложенная Гуденафом, рассматривает упорядочение локализованных состояний Mn^{3+} и Mn^{4+} в чередующихся плоскостях. В дополнение к этому считается, что существует более реалистичная картина состояния зарядового упорядочения из-за присутствия упорядоченных поляронов Зенера, в которых захваченный, например, электрон разделен с трио $\text{Mn} - \text{O} - \text{Mn}$ вместо одного катиона Mn . Два иона Mn ферромагнитно связаны в трио посредством двойного обменного взаимодействия. Среди 3У-манганитов особое внимание привлекают манганиты на основе Bi , поскольку они содержат зарядовое упорядочение при температуре выше комнатной. Состояние зарядового упорядочения в манганите висмута является прочным и стабильным даже в присутствии магнитного поля до 30 Тл. В отличие от других редкоземельных манганитов, которые для стабилизации фазы зарядового упорядочения необходимо охлаждать ниже комнатной температуры, температура зарядового упорядочения, зафиксированная для $\text{Bi}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$, составляет 600 К при $x \approx 0,25$ и 330 К. для $\text{Bi}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ при $x \approx 0,45$. Необычно высокая температура зарядового упорядочения обусловлена искажением, вызванным поляризованными 6s-неподеленными электронами на самой внешней орбитали Bi^{3+} . Кроме того, BiMnO_3 является известным ферромагнитным изолятором с $T_C = 100$ К, тогда как LaMnO_3 является антиферромагнитным изолятором. При комнатной температуре BiMnO_3 кристаллизуется в моноклинной структуре, а LaMnO_3 имеет ромбическую структуру. Замена Bi^{3+} на Sr^{2+} снижает ферромагнитное упорядочение в $\text{Bi}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ и система превращается в

зарядоупорядоченный антиферромагнетик в широком диапазоне легирования x , $0,25 \leq x \leq 0,80$. Тогда как $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ представляет собой известный ферромагнитный металлический манганит с $T_C = 370$ К при $x = 0,30$.

Частичная замена La^{3+} на Bi^{3+} в манганите $\text{La}_{0,7-x}\text{Bi}_x\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$ снижает результирующую намагниченность в системе при $x \leq 0,25$. В основном магнитном состоянии наблюдался переход от ферромагнитного (при $x < 0,25$) к антиферромагнитному (при $x = 0,40$) с сосуществованием магнитных фаз при $x = 0,30$ и $0,35$.

Порошковые рентгенограммы при комнатной температуре всех образцов анализировали методом уточнения Ритвельда с помощью программы FullProf. Исходной моделью считалась ромбическая структура, пространственная группа Pnma . Структурные параметры и значения надежности уточнения суммированы в таблице.

Таблица

Структурные параметры после уточнения рентгенограмм Ритвельдом с учетом орторомбической кристаллической структуры, пространственная группа Pnma .

$\text{Bi}_{0,7-x}\text{La}_x\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$	$x=0.0$	$x=0.10$	$x=0.20$
$a(\text{Å})$	5.50656	5.50365	5.50229
$b(\text{Å})$	7.75653	7.75265	7.74890
$c(\text{Å})$	5.53651	5.53476	5.53214
$V(\text{Å})^3$	236.474	236.156	235.872
R_p	8.70	10.00	9.33
R_{wp}	11.90	13.10	12.10
R_{exp}	8.10	8.53	8.42
χ^2	2.17	2.37	2.05
Bragg R Factor	5.33	6.04	5.85
D(%)	0.34	0.33	0.32

Видно, что параметры элементарной ячейки уменьшаются с увеличением замещения La^{3+} , что указывает на размывание характера неподеленной $6s$ -пары Bi^{3+} . По данным литературы, ионный размер Bi^{3+} составляет $1,24 \text{ Å}$ или $1,17 \text{ Å}$ в зависимости от того, является ли характер неподеленной $6s$ -пары доминирующим или ограниченным соответственно. Поскольку ранее сообщалось, что в манганитах LSMO ионы Bi^{3+} проявляют доминирующий характер неподеленной $6s$ -пары, можно понять, что частичная замена Bi^{3+} на La^{3+} разрушает высококовалентные связи $\text{Bi}-\text{O}$, которые, в свою очередь, ослабляют эффект доминирующей одинокой пары $6s$. Также уменьшается искажение в орторомбической решетке, оцененное по соотношению

$$D = \sum_{i=1}^3 \left| \frac{a_i - \bar{a}}{3a_i} \right|$$

где $a_1 = a$, $a_2 = \frac{b}{\sqrt{2}}$, $a_3 = c$ и $\bar{a} = \sqrt[3]{a_1 a_2 a_3}$. D возрастает от $0,34 \%$ до $0,32 \%$ при изменении x до $0,20$ в $\text{Bi}_{0,7-x}\text{La}_x\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$.

С увеличением содержания La^{3+} $x \geq 0,40$ длины связей Mn-O существенно уменьшаются, а валентные углы Mn-O-Mn увеличиваются. Средняя длина связи Mn-O и валентный угол Mn-O-Mn , наблюдаемые в случае $x = 0,70$, составляют $1,953 \text{ \AA}$ и $166,61^\circ$ соответственно, что хорошо согласуется с приведенными в литературе значениями. Резкое изменение длин связей Mn-O и валентных углов Mn-O-Mn связано с изменением кристаллической структуры от орторомбической ($x \leq 0,40$) к ромбоэдрической ($x \geq 0,50$), что может быть связано с подавлением характера неподеленной $6s$ -пары Bi^{3+} , поскольку ковалентные связи Bi-O разрываются при легировании La^{3+} , тем самым уменьшая структурные искажения. Таким образом, добавка La^{3+} уменьшает искажения кристаллической решетки, тем самым влияя на электрические и магнитные свойства.

Список литературы

1. Особенности атомной структуры образцов $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{MnO}_3$ / З. А. Самойленко, Н. Н. Ивахненко, Е. И. Пушенко [и др.] // 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 года / Под общей редакцией С.В. Беспаловой. Том 2. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2022. – С. 141-143.
2. Влияние состава на атомную структуру образцов $\text{Bi}_{1-x}\text{Y}_x\text{FeO}_3$ / З. А. Самойленко, Н. Н. Ивахненко, Е. И. Пушенко [и др.] // Журнал технической физики. – 2021. – Т. 91, № 5. – С. 778-783. <https://doi.org/JTF.2021.05.50689.228-20>
3. Самоорганизованный рост кластеризованных структур в легированных перовскитах $\text{La}_{0.6-x}\text{Nd}_x\text{Sr}_{0.3}\text{Mn}_{1.1}\text{O}_{3-D}$ / З. А. Самойленко, Н. Н. Ивахненко, Е. И. Пушенко [и др.] // Неорганические материалы. – 2018. – Т. 54, № 4. – С. 375-381. <https://doi.org/10.7868/S0002337X18040061>
4. Wollan E. O., Koehler W. C. Neutron diffraction study of the magnetic properties of the series of perovskite-type Compounds $[(1-x)\text{La}, x\text{Ca}]\text{MnO}_3$ //Physical Review. – 1955. – Т. 100. – №. 2. – С. 545. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.100.545>
5. Jiráček Z. et al. Neutron diffraction study of $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ perovskites //Journal of magnetism and magnetic materials. – 1985. – Т. 53. – №. 1-2. – С. 153-166. [https://doi.org/10.1016/0304-8853\(85\)90144-1](https://doi.org/10.1016/0304-8853(85)90144-1)

МАГНИТНЫЕ БИОКЛЕТКИ НА ПОВЕРХНОСТИ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПЛЕНОК ФЕРРИТА-ГРАНАТА

*Сирюк Ю.А.*¹, д-р физ.-мат. наук, проф.,
*Безус А.В.*¹, канд. физ.-мат. наук, доц., *Капшуков Р.А.*¹,
*Кононенко В.В.*², канд. физ.-мат. наук

¹ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

²ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк, РФ
a.bezus@donnu.ru

Введение. Свойства доменных структур феррит-гранатовых пленок интересны как для фундаментальной науки, так и для прикладной, например: микроэлектроники, спинтроники, биологии, медицины, химии и т.д. В последние годы активно исследуются процессы переноса магнитных частиц над поверхностью периодических магнитных структур, например, магнитоодноосных пленок феррита-граната [1].

В настоящей работе экспериментально изучены особенности поведения магнитных биоклеток на поверхности доменных структур магнитоодноосной пленки феррита-граната. Цель работы – показать влияние термодинамической системы доменных структур пленки на магнитные биоклетки в присутствии или отсутствии внешних магнитных полей.

Актуальность этой работы в том, что исследования могут быть использованы при создании устройств для транспортировки магнитомаркированных биологических объектов, что может иметь широкую область применения в биологии, медицине и т.д.

Основная часть. Для исследования выбрана магнитоодноосная пленка феррита-граната состава $(YSmLuCa)_3(FeGe)_5O_{12}$, с развитой поверхностью $\langle 111 \rangle$, выращенная методом жидкофазной эпитаксии на гадолиний-галлиевой подложке. Толщина пленки $h = 3$ мкм, ширина полосового домена $d = 3.15$ мкм. Поле коллапса $H = 151$ Э при комнатной температуре.

В качестве магнитных биоклеток используются дрожжевые клетки *Saccharomyces cerevisiae*, магнитомаркированные ионами Fe_3O_4 .

Пленка феррита-граната является термодинамической системой, в которой доменная структура стремится занять наиболее устойчивое состояние с минимумом энергии. Доменная структура создается монополярным импульсным магнитным полем, перпендикулярным плоскости пленки, в результате чего образуется сложная доменная граница с большим числом вертикальных блоховских линий (ВБЛ). Действием магнитных полей в пленке можно создать как решетки полосовых доменов, так и решетки цилиндрических доменов.

Доменные границы генерируют сильные локальные магнитные поля, притягивающие к доменам магнитные биоклетки.

Приложение внешнего магнитного поля в большем масштабе по сравнению с пространственной периодичностью магнитного поля решетки доменов в пленке индуцирует потенциал, генерируемый на поверхности, что вызывает контролируемое движение коллоидных частиц, размещенных над пленкой. Геометрия магнитного поля решетки доменов и параметры внешнего магнитного поля (частота, величина напряженности, направление поля) могут создавать различные динамические возможности – от локализованных траекторий до прямого переноса частиц.

Полосовая доменная структура (ДС) визуализируется равномерно расположенными магнитными биоклетками. На волновой доменной структуре ВБЛ концентрируются на вершинах волн, поэтому на верхних точках волн размещаются магнитные биоклетки.

Из-за своей геометрии полосовая ДС является изгибонеустойчивой [2]. Она стремится перейти в более устойчивое энергетическое состояние, соответствующее меньшей величине магнитоэлектронной энергии, т.е. волновую доменную структуру. Если на поверхности пленки наблюдаются области полосовой и волновой доменных структур, то полосовая ДС перемещается в сторону волновой ДС. При этом происходит направленное перемещение магнитных биоклеток, расположенных на полосовой ДС.

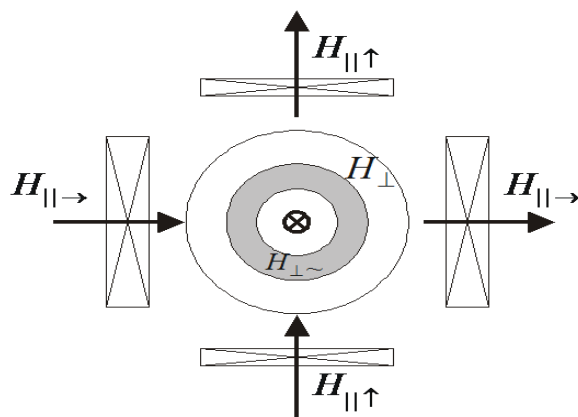


Рис. Схематическое представление расположения катушек магнитной системы установки с указанием направления создаваемых магнитных полей (вид сверху блока держателя образца).

На гексагональной решетке цилиндрических магнитных доменов (ЦМД) можно наблюдать локальное движение магнитных биоклеток. Под действием магнитного поля, перпендикулярного плоскости пленки (поле смещения $H_{см}$) и управляющих циркулирующих полей (рис.1) магнитные биоклетки совершают круговое движение вокруг ЦМД.

При увеличении поля смещения, в решетке ЦМД могут происходить фазовые переходы (ФП), и локальное движение биоклеток нарушается. Если увеличивать поле смещения, антипараллельное намагниченности внутри ЦМД, то диаметр ЦМД уменьшается, и при определенной величине $H_{см} = H_1$ в решетке ЦМД происходит фазовый переход первого рода. При

этом исчезает каждый центральный домен в гексагональной упаковке решетки ЦМД [3]. При кратковременном действии монополярного импульсного поля вновь создается решетка ЦМД с большим периодом и меньшим диаметром ЦМД. При этом вновь наблюдается локальное движение магнитных биоклеток.

При увеличении поля смещения, сонаправленного с намагниченностью внутри ЦМД, величина диаметра ЦМД увеличивается. При $H_{см} = H_2$ в решетке ЦМД происходит фазовый переход второго рода в сотовую структуру. При этом сохраняется число доменов, но ЦМД приобретают форму шестиугольника. Магнитные биоклетки размещаются в центре шестиугольных доменов, т.к. это энергетически наиболее устойчивое и равновесное состояние. При дальнейшем увеличении поля смещения до $H_{см} = H_3$ в сотовой структуре происходит фазовый переход первого рода с уменьшением числа доменов в ячеистую структуру. Магнитные биоклетки размещаются на доменных границах этой структуры. Под действием монополярного импульсного магнитного поля из ячеистой структуры создается новая сотовая структура с шестиугольными доменами большего размера, похожая на сети. При этом магнитные биоклетки вновь размещаются внутри шестиугольных доменов.

Заключение. Таким образом, проведенные экспериментальные наблюдения показали необходимость учитывать влияние свойств термодинамической системы доменных структур пленки феррита-граната на транспорт магнитомаркированных биоклеток как в присутствии, так и в отсутствии магнитных полей.

Список литературы

1. Павлов В.Н. Исследование процессов в установке для модификации биологических клеток магнитным полем при использовании источника переменного тока с высоким выходным сопротивлением / В.Н. Павлов, Ю.А. Легенький, В.О. Корниенко, В.Н. Калаев, А.П. Преображенский, И.Я. Львович // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2022. – Т. 10(2). – С. 1-16.
2. Сирюк Ю.А. Фазовые переходы в полосовой доменной структуре магнитоодноосной пленки феррита-граната / Ю.А. Сирюк, А.В. Безус, Р.А. Капшуков, В.В. Кононенко // ЖЭТФ. –2021. – Т. 159, вып. 3. – С. 500-510.
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 // ФТТ. –2019. – Т. 61, вып.7. – С. 1250-1257.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ФОН ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ В НАНОКОМПОЗИТАХ $(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$

Тарасов Д.П., канд. физ.-мат. наук, доц., *Ерченко Е. М.*

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. Нанокпозиционные материалы $(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$ 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.

Измерения температурных зависимостей G и Q^{-1} проводили методом затухания изгибных колебаний на частоте около 20 Нз в интервале температур от 200 до 900 К при скорости нагрева 3 К/мин. Погрешность определения Q^{-1} и G не превышала 3 и 1 % соответственно.

Внутреннее трение рассчитывалось по формуле [1]:

$$Q^{-1} = \frac{1}{\pi N} \ln \frac{A_1}{A_N}, \quad (1)$$

где N – число колебаний образца при изменении амплитуды от A_1 до A_N .

Внутреннее трение композита определялось путем вычитания из внутреннего трения исследуемого образца внутреннего трения подложки.

Для измерения частоты колебаний использовался частотомер, показания которого служили для определения относительного модуля упругости:

$$G = \frac{f^2}{f_0^2}, \quad (2)$$

где f^2 и f_0^2 – квадрат частоты колебаний образца при текущей и начальной температуре T_0 , соответственно.

На рис. 1 представлены температурные зависимости внутреннего трения Q^{-1} и модуля упругости G для нанокпозитивов $(\text{Co}_{45}\text{Fe}_{45}\text{Zr}_{10})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_{100-x}$.

Как видно из графиков Q^{-1} слабо изменяется в исследованном диапазоне температур вплоть до 650 К (кривые 1-3 на рис. 1а), в

независимости от концентрации металлической фазы. При дальнейшем увеличении температуры наблюдается рост Q^{-1} , сопровождающийся интенсивным смягчением упругого модуля G (кривые 1' – 3' на рис. б) [1].

Для образцов $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Al_2O_3)_{100-x}$ с концентрацией металлической фазы $x < 40$ at. % рост Q^{-1} выше 650 К слабо выражен (кривая 1 на рис. 1а), в отличие от образцов с $x > 40$ at. % для которых на температурных зависимостях Q^{-1} выше 650 К наблюдается существенное возрастание Q^{-1} (кривые 2-3 на рис. 1а).

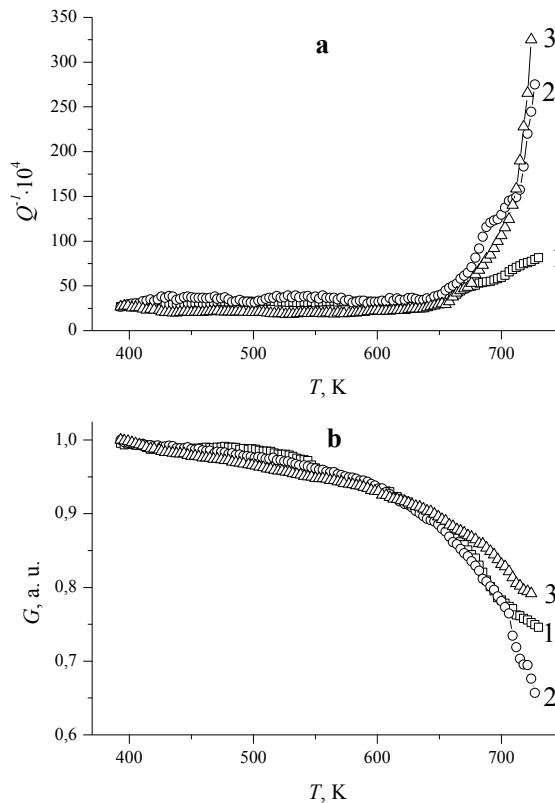


Рис. 1. Температурные зависимости Q^{-1} (а) и G (б) нанокompозитов $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Al_2O_3)_{100-x}$ при различной концентрации металлической фазы x , at. %: 1,1' – 31; 2,2' – 41; 3,3' – 53

Для всех исследованных композитов росту механических потерь с повышением температуры соответствует интенсивное уменьшение G (кривые 1' – 3' на рис. 2,3,4б).

Экспериментально наблюдаемое возрастание внутреннего трения, называемое высокотемпературным фоном, в интервале температур 650 – 875 К удовлетворительно описывается уравнением [1]:

$$Q^{-1} = Q_0^{-1} \exp\left(-\frac{E_F}{kT}\right). \quad (3)$$

Здесь Q_0^{-1} - постоянная; E_F – энергия активации высокотемпературного фона.

Если считать, что фон Q^{-1} обусловлен диффузией точечных дефектов, то для частот, когда дефекты за период колебаний успевают продиффундировать на всю толщину образца, имеем [1]:

$$Q^{-1} \cong \frac{4GbD_0}{\omega kT} l^{-2} \exp\left(-\frac{E_v + E_m}{kT}\right). \quad (4)$$

В нашем случае для исследуемых нанокompозитов, когда размер гранул составляет несколько нанометров, на высокотемпературном участке за период колебаний точечные дефекты будут успевать мигрировать на всю толщину металлической гранулы ($l > d$), тогда внутреннее трение будет пропорционально

$$Q^{-1} \sim \frac{n}{\omega} \exp\left(-\frac{E_m}{kT}\right), \quad (5)$$

Таким образом, обнаруженное в эксперименте удвоение энергии активации фона внутреннего трения при температурах выше $T_{кр}$, уместно связать с увеличением диффузионной длины l и переходом от условия $l < d$ к условию $l > d$, что естественно ожидать для наногранулированных систем. В этом случае значение энергии активации миграции точечных дефектов совпадает с величиной энергии активации фона внутреннего трения и в случае образцов $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Al_2O_3)_{100-x}$ [2]

Похожее поведение температурной зависимости внутреннего трения Q^{-1} и модуля упругости G наблюдалось для нанокompозитов образцов $Co_x(PZT)_{100-x}$ и $Co_x(CaF_2)_{100-x}$ [3-5].

Список литературы

1. Постников В.С. Внутреннее трение в металлах. – М.: Металлургия, 1974. – 352 с.
2. Тарасов Д.П., Калинин Ю.Е., Ситников А.В. // Письма в ЖТФ. – 2008. – Т. 34. – Вып. 11. – С 12-18.
3. Тарасов Д.П. // ЖТФ. – 2017. – Т. 87. – № 9. – С. 1384-1388.
4. Tarasov D.P., Korotkov L.N., Sitnikov A.V // Ferroelectrics. – 2010. – V. 397. – № 1. – P. 185-190.
5. Тарасов Д.П., Калинин Ю.Е., Коротков Л.Н., Ситников А.В. // Письма в ЖТФ. – 2009. – Т. 35. – Вып. 1. – С. 90-97.

ПОВЕДЕНИЕ ПРИМЕСИ УГЛЕРОДА В (100) ПЛАСТИНЕ АНАТАЗА

Токий Н.В.^{1,2}, канд. физ.-мат. наук

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

²ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

nvt1976@mail.ru

Введение. Диоксид титана в наноразмерном состоянии и материалы на его основе уже несколько десятилетий являются объектом многочисленных исследований [1]. Это связано прежде всего с его фотокаталитической активностью. Образцы диоксида титана (TiO_2) со структурой анатаз, допированные неметаллическими элементами (углерод, сера, фтор, азот и т.д.), в анионные позиции кислорода, демонстрируют высокую фотокаталитическую активность в видимой и УФ-области солнечного спектра. Среди всех анионов, наибольший интерес вызывают углерод и азот [2]. В работах [3-5] мы начали рассмотрение влияния примесей азота и серы на полную энергию (100) пластины анатаза.

Целью работы является изучение поведения анионной примеси замещения углерода в (100) пластине анатаза в рамках квантово-механического подхода методом DFT.

Модель. Для изучения влияния легирования углеродом (100) пластины анатаза на полную энергию и ее составляющие мы воспользовались построенной нами ранее в [3-5] 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: $a = 27.125$, $b = 7.750$, $c = 9.514$. Ячейка состоит из 24 атомов титана, 1 атома углерода и 47 атомов кислорода.

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 углерода (черные кружки – атомы титана, белые и серые кружки – атомы кислорода, в серые положения поочередно помещался атом углерод) [3-5]. 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 примеси углерода поочередно помещался в 18 узлов ячейки, обозначенных на рисунке 1 серыми кружками.

В положениях 1, 2, 17 и 18 двухкоординированный атом С связан с одним шестикоординированным атомом Ti и одним пятикоорди-

нированным атомом Ti. В положениях 3 и 16 трехкоординированный атом C связан с тремя пятикоординированными атомами Ti. В положениях 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12 и 15 трехкоординированный атом C связан с тремя шестикоординированными атомами Ti. В положениях 5, 6, 13 и 14 трехкоординированный атом C связан с двумя шестикоординированными атомами Ti и одним пятикоординированным атомом Ti.

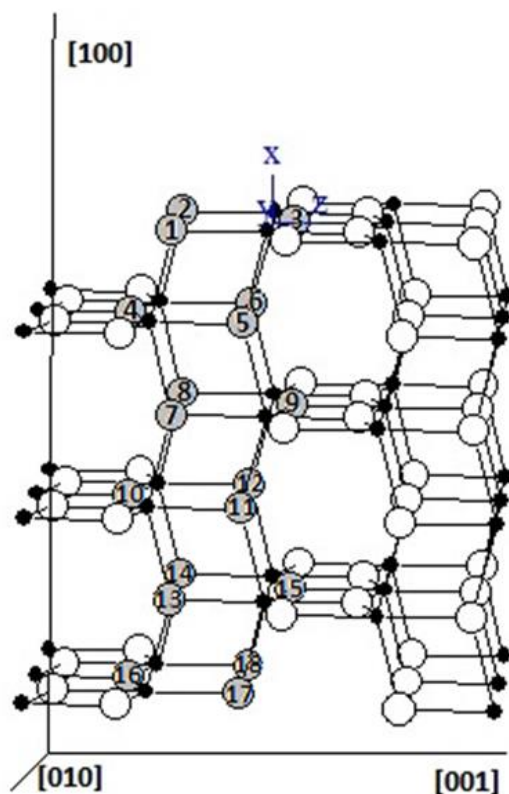


Рис. 1. Модель шестислойной ячейки (100) пластины анатаза с примесью углерода

Моделирование проводили в программе ABINIT с помощью abinit-инструмента (Version 2.8.3) nanoHUB. Реализацию DFT в LDA осуществляли с использованием псевдопотенциалов Troullier-Martins для Ti, O и C (предлагаемых по умолчанию в пакете ABINIT), а также энергии обрезания для плоских волн 40 Ha [3-5].

Результаты. Полная энергия для различных положений примесного атома углерода в направлении [100] по равновесным кислородным узлам кристаллической решетки пластины диоксида титана со структурой анатаз представлены на рисунке 2.

Обнаружено стремление углерода к поверхностным и приповерхностным слоям ячейки анатаза, зависящее как от координированности углерода, так и координированности связанных с ним атомов титана.

Установлены компоненты полной энергии, способствующие и противодействующие стремлению примеси углерода в поверхностные и приповерхностные слои с целью управления процессом получения.

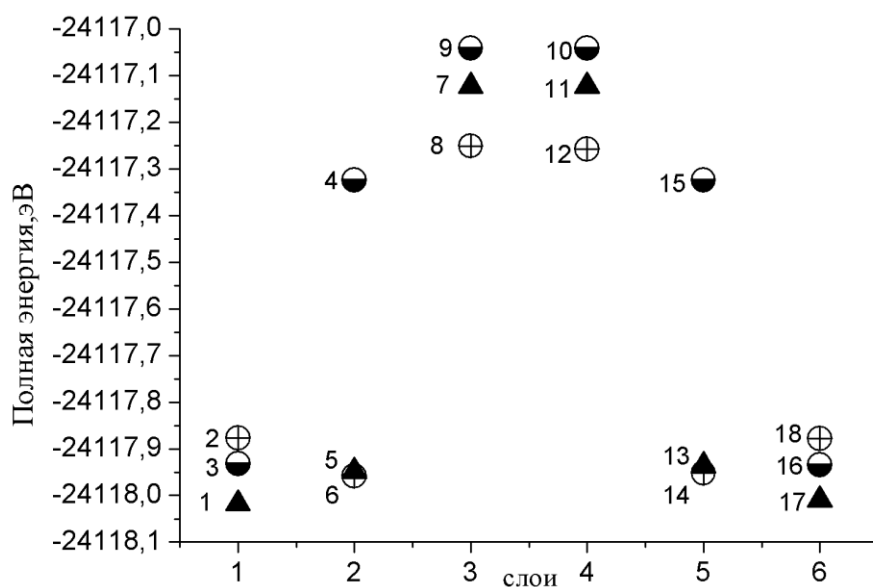


Рис. 2. Полная энергия (100) пластины анатаза при различных положениях примеси углерода в направлении [100] по равновесным кислородным узлам кристаллической решетки

Список литературы

1. Структура, свойства и фитопротекторные функции нанопорошков диоксида титана и водных суспензий на их основе/ О. А. Шилова, Г. Г. Панова, С. В. Мякин [и др.] – Текст : непосредственный// Журнал неорганической химии. – 2021. – Т. 66, № 5. – С. 669-677.
2. Carbon and nitrogen Co-doped TiO₂ with enhanced visible light photocatalytic activity/ D. Chen, Z. Jiang, J. Geng [et al.]// Industrial and Engineering Chemistry Research. -2007. -V.46. -P. 2741-2746.
3. Токий, В. В. Полная энергия и ее составляющие (100) пластины анатаза с анионной примесью/ В. В. Токий, Н. В. Токий – Текст: непосредственный// Актуальный проблемы физики твердого тела: [Электронный ресурс]: сб. докл. X Междунар. науч. конф., Минск, 22–26 мая 2023/ ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»; редкол.: В. М. Федосюк (пред.) [и др.]. – Минск : А. Н. Вараксин, 2023. – С. 472-475.
4. Токий, Н.В. Влияние серы на полную энергию пластины (100) анатаза/ Н.В. Токий, В.В. Токий // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы VII Международной научной конференции (Донецк, 27–28 октября 2022 г.). – Том 2: Физические, технические и коимпьютерные науки / под общей редакцией проф.С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2022.- С. 155-157.
5. 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: Материалы VII Международной научной конференции, (Донецк, 27–28 октября 2022 г.). – Том 2: Физические, технические и коимпьютерные науки / под общей редакцией проф.С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2022.- С. 158-160.

ЭНЕРГИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДГ С УЕДИНЕННЫМ ДЕФЕКТОМ

Фиохин В.И., канд. физ.-мат. наук, доц
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
v.finokhin@donnu.ru

Хорошо известно, что на свойства доменной структуры (ДС) магнитоупорядоченных материалов существенное влияние оказывают структурные дефекты (примеси, дислокации, границы зерен и т.д.). В частности, дефекты являются одной из причин эффектов магнитного последствия и коэрцитивности в ферромагнитных диэлектриках [1-2].

В случае если характерные размеры дефектов малы в сравнении с толщиной доменных границ (ДГ) оказывается возможным установить общий вид потенциала взаимодействия ДГ с дефектом из соображений симметрии.

Поскольку характерные размеры дефектов ε предполагаются малыми в сравнении с толщиной доменной границы (ДГ) δ , для распределения намагниченности \vec{M} в области дефекта имеем

$$\vec{M}(\vec{x}) = \vec{M}(\vec{x}_0) + \frac{\partial \vec{M}(\vec{x}_0)}{\partial x_i} (x_i - x_{0i}) + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \vec{M}(\vec{x}_0)}{\partial x_i \partial x_k} (x_i - x_{0i})(x_k - x_{0k}) + o\left[\frac{\varepsilon^2}{\delta^2}\right] \quad (1)$$

(\vec{x}_0 – точка из области дефекта) и, следовательно, до членов порядка ε^2/δ^2 энергия взаимодействия ДГ с дефектом может быть представлена в виде

$$V = \alpha_k M_k(\vec{x}_0) + \beta_{ik} \frac{\partial M_i(\vec{x}_0)}{\partial x_k} + \gamma_{ikl} \frac{\partial^2 M_i(\vec{x}_0)}{\partial x_k \partial x_l} + \chi_{iklm} \frac{\partial M_i(\vec{x}_0)}{\partial x_k} \frac{\partial M_l(\vec{x}_0)}{\partial x_m} \quad (2)$$

(здесь и ниже по дважды повторяющимся индексам подразумевается суммирование), где тензоры $\hat{\alpha}$, $\hat{\beta}$, $\hat{\gamma}$, $\hat{\chi}$ определяются характером взаимодействия ДГ с дефектом.

В дальнейшем, для простоты ограничимся рассмотрением изотропных дефектов, полностью характеризующихся их координатами в плоскости пленки. Поскольку в этом случае существует единственное выделенное направление, определяемое вектором \vec{M} , компоненты тензоров $\hat{\alpha}$, $\hat{\beta}$, $\hat{\gamma}$, $\hat{\chi}$ должны выражаться в виде комбинаций компонент единичного тензора δ_{ik} , антисимметричного псевдотензора Леви-Чивита ε_{ikl} и вектора \vec{M} . Тогда, замечая, что вклад третьего слагаемого в энергию взаимодействия определяется симметричной по индексам k, l частью тензора γ_{ikl} , а четвертого – симметричной по парам i, k и m, l частью

тензора χ_{iklm} , общий вид тензоров $\hat{\alpha}$, $\hat{\beta}$, $\hat{\gamma}$, $\hat{\chi}$ можем записать следующим образом:

$$\begin{aligned}\alpha_k &= f_1 M_k \\ \beta_{ik} &= f_2 \delta_{ik} + f_3 \varepsilon_{ikl} M_l + f_4 M_i M_k \\ \gamma_{ikl} &= f_5 \delta_{ik} M_l + f_6 \delta_{kl} M_i + f_7 M_i M_k M_l \\ \chi_{iklm} &= f_8 \delta_{ik} \delta_{lm} + f_9 \delta_{il} \delta_{km} + f_{10} \delta_{im} \delta_{kl} + f_{11} \varepsilon_{ikl} M_m + f_{12} \varepsilon_{ikm} M_l \\ &\quad + f_{13} \delta_{ik} M_l M_m + f_{14} \delta_{il} M_k M_m + f_{15} \delta_{im} M_k M_l + f_{16} M_i M_k M_l M_m\end{aligned}\quad (3)$$

где f_i – некоторые функции квадрата вектора намагниченности .

В частном случае блоховской ДГ выражения (1)-(3) приводят к следующему виду энергии взаимодействия:

$$V(x) = f_1 M^2 - (f_9 - f_6) \left(\frac{\partial M_i}{\partial x_k} \right)^2 \quad (4)$$

Опуская первое слагаемое как несущественную постоянную и подставляя явный вид распределения намагниченности в блоховской ДГ получаем:

$$V(r) = V_0 \operatorname{sech}^2 \left(\frac{r}{\delta} \right) \quad (5)$$

где r – расстояние между дефектом и ДГ , δ – толщина ДГ .

Пользуясь (5) нетрудно связать значение V_0 с полем коэрцитивности тонкой магнитной пленки с лабиринтной ДС:

$$H_c = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{g}{3\sigma}} \frac{V_0}{\delta h M}$$

где σ –поверхностная плотность энергии ДГ, g - константа жесткости ДС, h – толщина пленки, M - намагниченность насыщения.

Заметим, что в силу условия $\varepsilon \ll \delta$, эффективный радиус взаимодействия ДГ с дефектом $r_{eff} \sim \delta$. Отсюда , в частности, следует, что если среднее расстояние между дефектами меньше δ , создаваемый ими потенциал "сглаживается", сводясь к несущественной постоянной.

Список литературы

1. Preisach, F. On the magnetic aftereffect / F. Preisach // IEEE Transactions on Magnetics. – 2017. – Vol. 53, №. 3. – 0700111.
2. Bertotti, G. Temperature hysteresis and thermal remagnetization in magnetic materials / G. Bertotti // Journal of Applied Physics. – 2005. – Vol. 97. – 10E501.

ПАРАМЕТРЫ ВЕРОЯТНОСТИ ТУННЕЛИРОВАНИЯ В НАНОКОНТАКТАХ

Хачатурова Т.А.^{1,2}, канд. физ.-мат. наук, доц.

*Бутько В.Г.*¹, канд. физ.-мат. наук, *Гусев А.А.*^{1,3}, канд. физ.-мат. наук, доц.

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

²ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, РФ

³ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

khachaturovat@mail.ru

Одним из самых необычных и интригующих явлений квантового мира является туннелирование. Туннельный процесс заключается в прохождении частицы через энергетический барьер или так называемый потенциальный барьер. С точки зрения законов классической физики данный процесс совершенно невозможен и вероятность прохождения частицы, у которой недостаточно собственной энергии для преодоления потенциального барьера безусловно равна нулю. Однако, как только размер частицы становится сравним с длиной волны де Бройля, вероятность прохождения частицы через потенциальный барьер становится положительной величиной, отличной от нуля [1,2]. Одним из распространённых примеров туннелирования в гетероструктурах является электронное, электронно-дырочное туннелирование в туннельных контактах с металлическими или полупроводниковыми обкладками и тонким диэлектрическим слоем между ними. Именно тонкий слой диэлектрика имеет наноразмерную толщину. Подтверждением экспериментального наблюдения туннельного эффекта в таких контактах, является наблюдение туннельного тока, который появляется при предельно малых напряжениях, подаваемых на туннельный контакт. Число систем, в которых был обнаружен туннельный эффект (α -распад, автоэмиссия и пр.), достаточно велико. Стремительное и всестороннее развитие туннельной методики исследования твердотельных гетероструктур началось в середине прошлого века с создания туннельного диода. С тех пор были достигнуты большие успехи в исследовании фундаментальных свойств многослойных твердотельных структур и их практическом применении [1-3]. Тем не менее еще не все принципиальные проблемы туннельного транспорта в системах с металл-диэлектрик-металл (МДМ), металл-диэлектрик-полупроводник (МДП), полупроводник-диэлектрик-полупроводник (ПДП), а также в системах с многослойным диэлектриком решены и не все возможные практические приложения данного явления исчерпаны.

Рассмотрим параметры, которые существенно влияют на величину вероятности электронного и электронно-дырочного туннелирования в

МДМ и МДП системах. Например, согласно приближению Вентцеля, Крамерса, Бриллюэна вероятность туннелирования определяется выражением:

$$P(E_z, E_{\perp}) = \exp \left\{ -2 \int_0^d \left[-k_z^2(E_z, E_{\perp}, z) \right]^{1/2} dz \right\},$$

$$k_z^2 = \frac{2m(E - E_C) * (E - E_V)}{\hbar^2 (E_g)} - k_{\perp}^2; \quad k_{\perp}^2 = (2m/\hbar^2) E_{\perp},$$

где E_C энергия, соответствующая энергии нижней границы зоны проводимости диэлектрика, а E_V соответствует энергии верхней границы валентной зоны диэлектрика, $E_g = E_C - E_V$ - ширина запрещенной зоны диэлектрика, d - толщина потенциального барьера, k_z составляющая волнового вектора частицы вдоль направления туннелирования. Как видно из вышеприведённых выражений, вероятность туннелирования определяется такими параметрами, как величина запрещенной зоны диэлектрика E_g и его толщина d . До недавнего времени взаимосвязь величин E_g и d не исследовалась, и теоретические расчёты ограничивались значениями E_g , полученными для объемных диэлектриков [3]. Однако авторы работ [4] и [5] показывают, что у одного из ключевых диэлектриков, диоксида кремния величина E_g может при определённых условиях существенно зависеть от d . Зависимости E_g от d были получены путем первопринципных расчётов электронной структуры диоксида кремния в различных пространственных модификациях кристаллической решетки. Этот результат необходимо учитывать при расчёте вероятности туннелирования и моделировании токовых характеристик в рассматриваемых МДМ, МДП структурах, а также, что особенно важно при построении профиля туннельного барьера МДП и ПДП структур с двухслойным диэлектриком [3]. В наших работах обращается внимание на один принципиально важный аспект теории электронного туннелирования сквозь слои диэлектрика наноразмерных толщин, а именно, необходимость учета их реальной электронной структуры и возможных пространственных неоднородностей. Очень часто в работах, выполненных ранее, барьер, сквозь который туннелируют носители тока, описывался потенциальной ступенькой определенной высоты и ширины, которые обычно являлись подгоночными параметрами при сравнении теории с экспериментом. Однако, на самом деле, классически запрещенная область в структурах МДМ, МДП, ПДП образована запрещенной зоной диэлектрика, которая имеет не только верхнюю границу (зона проводимости), но и нижнюю (валентная зона). Если уровень Ферми системы находится недалеко от дна зоны проводимости, влиянием последней можно пренебречь. Заметим, что в неупорядоченных слоях диэлектрика могут возникать дефектные состояния, расположенные вблизи потолка валентной зоны, например,

соответствующие результаты, получены для нелегированных поликристаллических алмазных пленок, вследствие чего химический потенциал оказывается сдвинутым в сторону валентной зоны.

Следовательно, еще одним важным параметром, определяющим вероятность туннелирования в системах МДМ, МДП, ПДП является положение уровня Ферми E_F в рассматриваемых системах, который в свою очередь влияет на высоты потенциального барьера. Авторы статей [4,5] занимаются теоретическим исследованием зонной структуры реальных оксидных диэлектриков наноразмерных толщин, выявлением особенностей зонной структуры и связанных с ней параметров с целью найти отличия от объемных образцов и предсказать новые эффекты.

Список литературы

1. Румянцев В.В., Петренко А.Г., Паладян Ю.А. Квантовые наночастицы: синтез, свойства, применение / учебное пособие – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2022. – 90 с.
2. Виолина Г.Н., Зубков В.И. Физика полупроводников: Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017. – 106 с.
3. 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.
4. Хачатурова Т.А., Бутько В.Г., Гусев А.А. Электронная структура и свойства двумерного диоксида кремния // Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2022. – Т. 115, вып.1, – С. 48-51.
5. Хачатурова Т.А., Бутько В.Г., Гусев А.А. / Ширина запрещенной зоны диоксида кремния нанометровых толщин // Письма в ЖТФ. – 2023. – Т. 49, вып.15 – С. 23–26.

УДК 536:538.9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРА ГРЮНАЙЗЕНА ИЗ ОСНОВНОГО ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО КАЛИБРОВОЧНОГО СООТНОШЕНИЯ

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

Шелест В.В., канд. физ.-мат. наук

ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А.Галкина», г. Донецк, РФ
efbji@list.ru

Введение. Принципиальная нелинейность упругих свойств конденсированных сред обеспечивается ангармонизмом межатомного (межмолекулярного) взаимодействия. Ангармонизм заключается в отклонениях колебаний осцилляторов в системе от гармонического закона [1,2]. В стандартной интерпретации он описывается нелинейными по смещениям атомов членами в адиабатическом потенциале. Следствием

ангармонизма является смещение среднего положения равновесия осциллятора и зависимость его от температуры и частоты [2,3]. Ангармонические эффекты проявляются двумя путями. Первый связан с расширением решетки: вследствие изменения объема изменяются энергии мод колебаний (и соответственно их частоты), оставляя их независимыми. Вторым определяется тем, что колебания твердого тела – это кооперативный процесс с негармоническими эффектами комплексного характера.

Для твердых тел мерой ангармоничности сил, действующих между атомами и молекулами, являются коэффициент теплового расширения α и параметр Грюнайзена γ_G . Они определяют целый ряд важных физических процессов, таких как тепловое расширение, теплопроводность, поглощение звуковых волн, температурную и барическую зависимость упругих свойств.

Цель – рассматривая однородную изотропную конденсированную среду, выведем соотношения, в которые входит параметр Грюнайзена, из основного термодинамического калибровочного соотношения.

Основная часть. Параметр Грюнайзена используется не только для систем, близких к однородным изотропным, но для множества других, у которых ангармонизм существенен, например высокомолекулярных, таких как полимеры или спин-кроссоверные системы [4].

Традиционный подход, основанный на формализме термодинамических потенциалов, заключается в использовании их полноты. Ее следствием являются соотношения Максвелла [5]. В частности, из полноты дифференциала внутренней энергии следует равенство первых термодинамических производных, которое записываем через якобианы:

$$\frac{\partial(S,T)}{\partial(V,T)} = \frac{\partial(P,V)}{\partial(T,V)}. \quad (1)$$

Это выражение приводится к калибровке путем деления левой или правой части на соответствующий якобиан (если он не равен нулю) и выполнения над ним алгебраических действий:

$$\frac{\partial(P,V)}{\partial(T,S)} = 1. \quad (2)$$

Соотношение (2) называется основным термодинамическим калибровочным соотношением. В свою очередь, работая с ним и с термодинамическими уравнениями состояний можно получить обширный набор выражений для всех термодинамических коэффициентов [6].

Калибровочное соотношение можно рассматривать не только с методической точки зрения, но и как условие неаномальности поведения термодинамических систем в области фазовых переходов. Самым известным случаем дилатометрической аномалии является аномалия жидкой фазы воды, проявляющаяся при температурах ниже 4°C [5]. Существуют и другие материалы, имеющие отрицательный коэффициент

теплового расширения, в частности, члены семейства AM_2O_8 , где $A = Zr, Hf, M = Mo, W$, а также борат стронция и меди $SrCu_2(BO_3)_2$. Любое отклонение якобиана (2) от калибровочной единицы ведет к нарушению всех выражений для термодинамических коэффициентов (в том числе коэффициента теплового расширения), получаемых из него [10].

Используя термодинамические переменные термического (T, S) и механического (P, V) типа методом якобианов будем переходить от одних переменных к другим. Таким способом, используя калибровочное соотношение (2) вывели наряду с набором выражений для термодинамических коэффициентов и следующее выражение [10]:

$$\frac{\alpha_S}{\alpha_P} + \frac{\beta_S}{\beta_V} = 1. \quad (3)$$

В то же время из термодинамического определения параметра Грюнайзена

$$\gamma_G = V \left(\frac{\partial P}{\partial U} \right)_V = V \frac{\partial(P, V)}{\partial(U, V)} \quad (4)$$

получаем соотношение

$$\gamma_G = -\frac{1}{T\alpha_S}. \quad (5)$$

Отсюда, используя (3), приходим к нетривиальным выражениям, содержащим термический коэффициент давления β [7]:

$$\frac{\beta_S}{\beta_V} = 1 + \frac{1}{T\gamma_G\alpha_P} \text{ и } \gamma_G = -\frac{\beta_P}{T\beta_S\alpha_P}. \quad (6)$$

А из $1 = \frac{C_P - C_V}{TVK_T\alpha_P^2}$ (K_T – модуль объемной упругости) и

$C_P - C_V = C_V\gamma_G\alpha_P T$ [7] получаем классическое соотношение Грюнайзена [1]:

$$\gamma_G = \frac{V}{C_V}\alpha_P K_T, \quad (7)$$

которое в согласии с законом Грюнайзена устанавливает одинаковую температурную зависимость C_V и α_P от температуры.

Заключение. Используя калибровочное соотношение и метод якобианов, получены выражения, связывающие параметр Грюнайзена с термодинамическими величинами.

Список литературы

1. Базаров, И.П. Термодинамика: учебное пособие / И.П. Базаров; Москва: Изд-во Высшая школа, 1991. – 376 с.
2. Фейнман, Р. Статистическая механика: монография / Р. Фейнман; Москва: Изд-во Мир, 1978. – 408 с.
3. Шелест, В.В. Роль ангармонизма в системах со спиновым кроссовером/ В.В. Шелест, А.В. Христов, Г.Г. Левченко // Физика низких температур. – 2016. – Т.42, №6. – С. 644–654.

4. Ksenofontov, V. The influence of hydrostatic on hysteresis phase transition in spin crossover compounds/ V. Ksenofontov, Spiering, H. Schreiner A., Levchenko, G. Goodwin H.A., P. Gütllich // Journal of Physics and Chemistry of Solids. – 1999. – Vol.60, №3. – P. 393–399.
5. Румер, Ю.Б. Термодинамика, статистическая физика и кинетика: монография / Ю.Б. Румер, М.Ш. Рывкин; Москва: Изд-во Наука, 1972. – 400 с.
6. Христов, А.В. Связь основного термодинамического калибровочного соотношения с уравнением Грюнайзена/ А.В. Христов, Д.А. Червинский, В.В. Шелест // Физика и техника высоких давлений. – 2022. – Т. 32, №1. – С. 78–92.
7. Шелест, В.В. Влияние комплексного ангармонизма на дилатометрические и калориметрические свойства конденсированных систем в формализме термодинамики устойчивости равновесного фазового состояния / В.В. Шелест, А.В. Христов, Д.А. Червинский // Физика и техника высоких давлений. – 2020. – Т. 30, № 4. – С. 18–33.

УДК 533.922, 533.924, 539.234, 67.02

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАПЫЛИТЕЛЬНОГО УЗЛА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ПЛЁНКАХ $CN_x:Eu_yO_z$

*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.*

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

²ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

shemal@mail.ru

DC-магнетрон позволяет синтезировать материалы сложного химического состава и структуры. Путём вариации параметров его работы возможно получать плёнки с необходимой, наперёд заданной нано- и макроструктурой, что определяется его особенностью – кластерным распылением мишени. [1-3].

Плёнки нитрида углерода, легированные в процессе роста оксидом европия ($CN_x:Eu_yO_z$), представляют собой плотноупакованные массивы многослойных нанотрубок, МУНТ. Геометрические размеры МУНТ зависят от параметров работы DC-магнетрона, и, соответственно, могут быть заданы заранее. Экспериментальным путём было определено, что геометрические размеры наноструктурных элементов плёнок зависят от геометрических характеристик напылительного узла «анод (DC-магнетрона) – катод (DC-магнетрона) – подложкодержатель», которые связаны в единую электрическую цепь азотно-углеродной плазмой DC-магнетрона.

Целью данной работы было получить качественное объяснение зависимости геометрических характеристик МУНТ в плёнках $CN_x:Eu_yO_z$ от геометрических характеристик напылительного узла.

Методика получения плёнок подробно описывалась в работах [1-4].

Электронная микроскопия является одним из наиболее эффективных способов исследования наноструктурных материалов. Он позволяет визуализировать получаемые объекты, изучить морфологию поверхности и ее изменения (рис. 1):

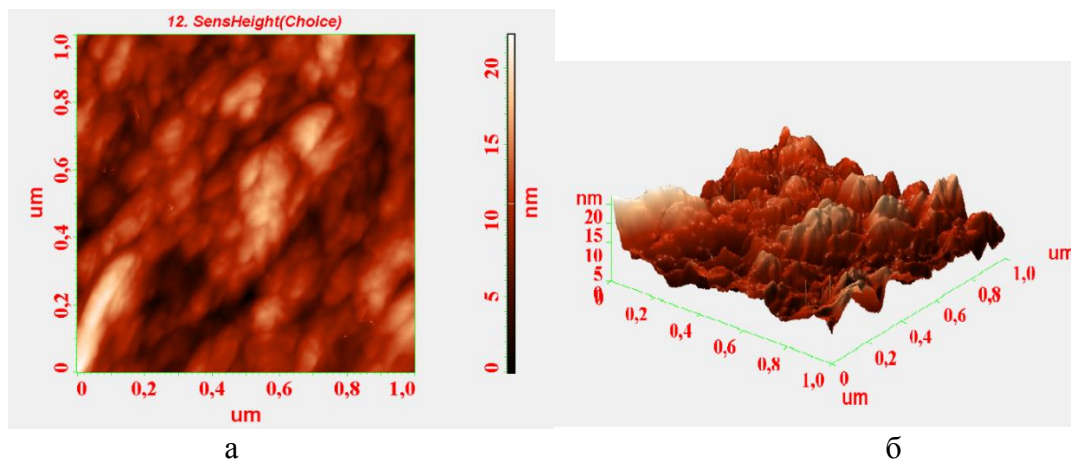


Рис. 1. Изображение пленки $CN_x:EuO_z$: а - 2D, б - 3D

Анализ полученных изображений проводился с помощью программы Image Analysis, предназначенной для обработки цифровых изображений, полученных с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Для анализа характеристик неоднородностей на образце – зёрен, используется опция Grain Analysis. Результаты работы программы приведены на рис. 2:

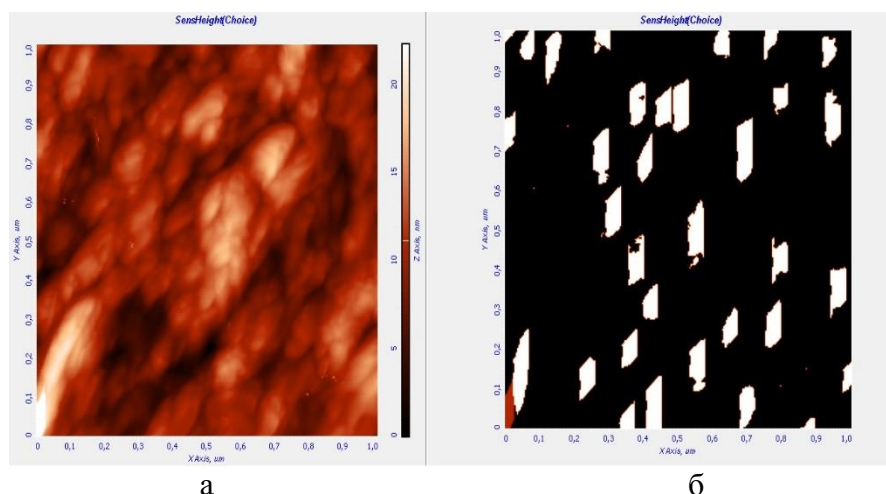


Рис. 2. Изображение пленки $CN_x:EuO_z$ в результате обработки в программе Image Analysis с помощью Grain Analysis

где зерно – это неоднородность, окружённая высокодефектными высокоугловыми границами в материале. Для этих зерен были найдены геометрические параметры. Было определено, что высота зёрен ($70 \div 120$) нм, а диаметр ($70 \div 80$) нм. Необходимо учитывать, что эти характеристики зёрен соответствуют неоднородностям на поверхности плёнки. То есть

длина соответствующего зерна составляет сумму толщины всего массива плёнки и величину длины над массивом плёнки, определённую программой Image Analysis. Учитывая эти данные, можно предположить, что все определённые неоднородности соответствуют МУНТ [2], что хорошо согласуется с литературными данными.

Исходя из этого, возможно предложить следующий механизм формирования МУНТ: нанотрубки начинают формироваться на поверхности плёнки в виде коротких, возможно однослойных (УНТ) трубок. При продолжении процесса роста нанотрубки одновременно формируются параллельные слои стенки трубки, и она становится многослойной, то есть превращается в МУНТ. При этом на неё всё время роста действует электрическое поле ДС-магнетрона, величина которого прямо зависит от геометрической конфигурации напылительного узла. Соответственно возникает вытягивающая по оси роста нанотрубки сила, действующая на формирующиеся неоднородности плёнки. То есть электрическое поле «вытягивает» МУНТ, превращая произвольно падающий распылённый материал мишени ДС-магнетрона в плотноупакованный массив МУНТ.

Список литературы

1. E.I.Shemchenko, K.V.Gumennyk, V.V.Rumyantsev Formation of Nanocolumnar Structures under Magnetron Growth of Europium-oxide-doped Carbon nitride Films / Journal of Nanoscience with Advanced Technology. – 2015. – №1. – С. 1.
2. Свиридов В.В., Шемченко Е.И., Вербенко И.А., Павелко А.А. Эллипсометрическое изображение как критерий выбора модели слоя $CN_x:Eu_yO_z$ на SiO_2 / Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля: Международная научно-практическая конференция "открытые физические чтения – 2017". Луганск. 2017. – С. 123
3. Шемченко Е.И., Кириченко В.И., Гангало А.Н. Люминесценция и модель роста наноколоннарных плёнок $CN_x:Eu_yO_z$, полученных на магнетроне постоянного тока / ФТВД. – 2017. – №2. – С. 26.
4. Шемченко, Е. И. Исследование зависимости размеров наноструктуры плёнок нитрида углерода, легированных оксидом европия в процессе роста, от параметров получения/Е. И. Шемченко, А. Г. Петренко, И. Я. Лихтенштейн//Вестник луганского национального университета имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ. – 2018. – № 5(11). – С.151 - 54.

Радиофизика и инфокоммуникационные технологии

УДК 621.372.826

ВОЗБУЖДЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА ЩЕЛЬЮ В СТЕНКЕ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ВОЛНОВОДА

Алексейчик Л.В., д-р физ.-мат. наук, проф.,

Курушин А.А., канд. техн. наук, доц.

ФГБОУВО «НИУ «Московский энергетический институт», г. Москва, РФ

kurushin@mail.ru

Введение. Возможности применения диэлектрических резонаторов (ДР) в качестве излучающих элементов рассматривались ещё в первых работах при исследовании собственных типов колебаний диэлектрических тел с высокой диэлектрической проницаемостью, обладающих внутренними и внешними электромагнитными полями, энергия которых способна излучаться в окружающее свободное пространство, в частности при исследовании спектров колебаний диэлектрического шара [1,2]. В таких излучающих структурах требовалось устранить излучения с помощью экранов, которыми могли служить металлические стенки линий передачи или специальные экранирующие устройства [3]. Одни из первых реализаций волноводных и полосковых конструкций антенн на ДР приведены в работах [4-8]. С развитием мобильной и космической связи антенны на ДР получили распространение в средствах связи миллиметрового и субмиллиметрового диапазона волн.

Основная часть. В докладе приводятся результаты численного моделирования электромагнитного поля полуцилиндрического (дискового) ДР, возбужденного на низшем типе колебаний, близким по структуре поля к типу колебания целого дискового ДР $H_{01\delta}$, и установленного на щели, выполненной в широкой стенке прямоугольного металлического волновода (рис. 1). Анализ полученных дифракционных картин электромагнитного поля рассеяния ДР позволил выявить характерные особенности, которые необходимо учитывать при разработке современных диэлектрических антенных систем (ДРА).

Полуцилиндрический ДР изготовлен из высокопроницаемого диэлектрического материала с относительной диэлектрической проницаемостью равной $\epsilon = 44$ и тангенсом угла потерь $\text{tg}\delta = 10^{-4}$. Геометрические размеры ДР: диаметр 5 мм, толщина 2,5 мм. Собственная резонансная частота ДР находится в окрестности 15 ГГц и уточняется при моделировании. Численное моделирование поставленной задачи проведено с помощью программы CST Microwave Studio [9].

Верхняя стенка волновода выполнена квадратной формы для обеспечения симметрии экранирующей поверхности для ДР. В волноводе обеспечивается распространение рабочего H_{10} типа волны. В результате возбуждения ДР часть энергии его электромагнитного поля эффективно излучается в свободное пространство. При этом, судя по картине результирующего электрического поля, в ДР образован вихрь векторов электрического поля, подтверждающий возбуждение типа колебаний близкого к $H_{01\delta}$. Распределение векторов магнитного поля ДР лишь частично соответствует структуре магнитного поля идеализированного $H_{01\delta}$ типа колебания за исключением окрестности области размещения ДР и щели, где наблюдается минимум магнитного поля. Но E -составляющая поля имеет выраженный минимум внутри полуцилиндрического ДР в области близкой к 0,4-0,5 его радиуса, в то время как H -составляющая, напротив, имеет внутри этой области максимум. Учет этой особенности позволяет уточнить рабочий тип колебаний как квази- $H_{02\delta}$ с дополнительной вариацией электрического поля по радиусу полуцилиндра.

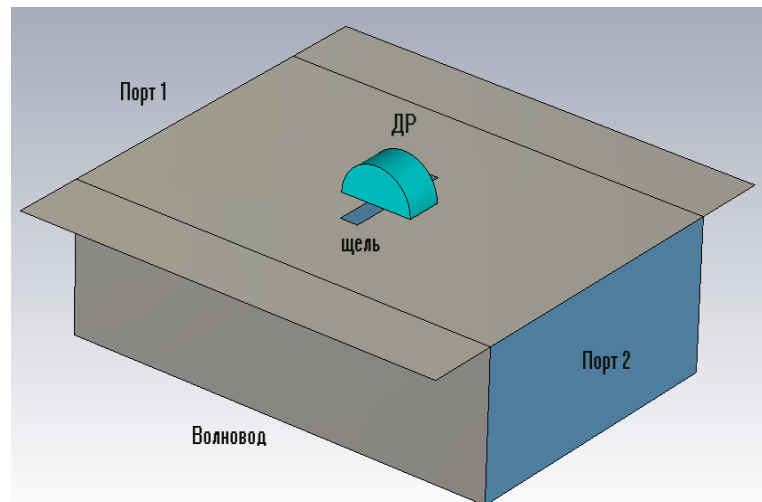


Рис. 1. Полуцилиндрический ДР, симметрично установленный на щели в широкой стенке волновода

При численном моделировании значение резонансной частоты ДР определялось из графика АЧХ (рис. 2), полученного при введении пробника магнитного поля, установленного в центре полуцилиндрического ДР и ориентированного по направлению силовых линий магнитного поля, при этом величина резонансной частоты ДР составила 15,477 ГГц.

При обработке данных АЧХ (рис.2) уточнялись значений резонансной частоты, полосы пропускания и вносимого ослабления от максимума АЧХ по уровню -3 дБ. При этом полоса частот пропускания составила 360,0 МГц. Нагруженная добротность ДР составила значение $Q_n = 15,477/360 = 43,0$. Добротность связи $Q_{сДР}$ со свободным пространством найдена из соотношения

$$1/Q_n = 1/Q_o + 1/Q_c,$$

где Q_o – собственная добротность ДР, обратно пропорциональная $\text{tg}\delta$ материала диэлектрика ДР. Для высокодобротных диэлектриков современных керамик тангенс угла потерь $\text{tg}\delta$ составляет не более 10^{-4} , при этом добротность связи практически равна нагруженной добротности ДР.

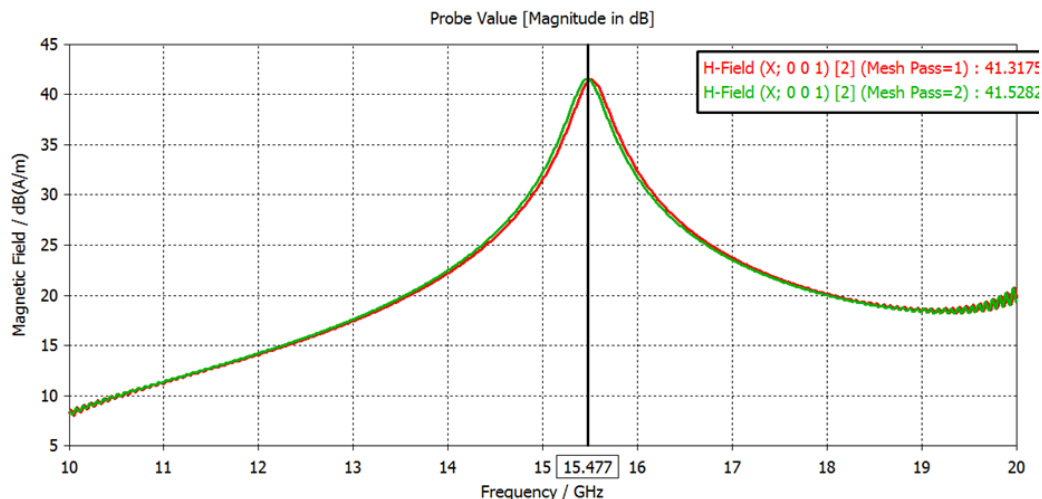


Рис. 2. АЧХ пробника H - составляющей поля в центре ДР, в диапазоне частот, в дБ

Диаграмма направленности ДР подобна диаграмме дальнего поля магнитного диполя, но имеет преимущество по коэффициенту усиления, максимальное значение которого составляет примерно 5,6 дБ и по ширине диаграммы (по уровню – 3дБ от максимального), составляющей 0.943 радиана.

Заключение. В результате численного моделирования задачи возбуждения вынужденных колебаний ДР под действием электромагнитного поля щели в широкой стенке прямоугольного металлического волновода выявлены физика явления дифракции и излучения полуцилиндрического ДР, особенности распределения результирующих электрического и магнитного полей ДР в ближней зоне. Установлен низший тип колебаний как магнитный $H_{02\delta}$ -тип колебания. Впервые получены частотные характеристики амплитуд вынужденных колебаний ДР квази- $H_{02\delta}$ типа колебания полуцилиндрического ДР. Рассчитаны значения резонансной частоты и добротности связи ДР со свободным пространством, согласующиеся с известными данными. Полученные в работе результаты представляют интерес при разработках антенн на основе диэлектрических резонаторов, получивших широкое распространение в средствах космической и мобильной сотовой связи 5-го поколения.

Список литературы

1. Richtmyer, R. D., «Dielectric resonators», *J. App. Phy.*, Vol. 10, 391-398, Jun. 1939.
2. Загер О., Тиси Ф. О собственных и вынужденных модах диэлектрической сферы. ТИИЭР, 1968, том 66. – № 9. – С. 203.

3. Алексейчик Л.В., Бродуленко И.И., Гаврилюк Н.Г. и др. Параметры и методы расчета диэлектрических резонаторов и генераторов и фильтров на их основе. М.: Центральный исследовательский институт «Электроника» // Изд-во ЭТ. Серия 1. Электроника СВЧ, – 1990. – 64 с.
4. Алексейчик Л.В., Геворкян В.М., Калугин Е.И. Исследование миниатюрных диэлектрических СВЧ резонаторов в качестве антенных СВЧ элементов, – Труды МЭИ, 1981, выпуск 528, с. 31-40.
5. Long, S. A., M.W.McAllister, L. C. Shen, "The resonant cylindrical dielectric cavity antenna," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. 31, No. 3, 406 – 412, May 1983.
6. Безбородов Ю.М., Массалитин С.Ф. Антенные устройства на диэлектрических резонаторах // Радиотехника, 1986, № 8, с. 85-88.
7. K. M. Luk and K. W. Leung, Eds., *Dielectric Resonant Antenna*, Research Studies Press, 2003.
8. Coulibaly, Y., T. A. Denidni, and H. Boutayeb, "Broadband microstrip-fed dielectric resonator antenna for X-band applications," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, Vol. 7, 341- 345, 2008.
9. Курушин А.А., Пластиков А.Н. Проектирование СВЧ устройств в среде CST MicrowaveStudio. – М. Издательство МЭИ, 2012. – 152 с.

УДК 351.814.332: 303.094.7

ОСОБЕННОСТИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В МНОГОСЕНСОРНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Альмахмуд М.Х., Богословский Е.А., д-р техн. наук, доц.
ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, РФ
vva@mil.ru

Введение. В настоящее время актуальным направлением совершенствования систем управления воздушным движением (УВД) является переход от отдельных датчиков (ОД) к многосенсорным системам (МСС). Благодаря совместной обработке информации от нескольких разнесенных в пространстве датчиков возможно значительное улучшение характеристик систем УВД и появляются новые возможности для их развития [1].

Цель – Анализ последовательного метода обработки информации в системах управления воздушным движением с использованием α - β - фильтра, и изучение возможности осуществления экстраполяции оценок координат воздушных объектов в интервалах между отсчетами радиолокационных измерений для повышения их точности при применении фильтра Калмана (ФК) [2], и α - β - фильтра.

В работе предлагается объединения информации на основе использования α - β - фильтра.

Опираясь на классическое описание α - β - фильтра [3], могут быть получены следующие уравнения

$$\hat{\mathbf{X}}_k^1 = \mathbf{A}_k^1 \mathbf{X}_{k-1} + \mathbf{\Gamma}_k^1 \mathbf{Z}_k^1, \quad j=1, \quad (1)$$

$$\hat{\mathbf{X}}_k^j = \mathbf{A}_k^j \mathbf{X}_{k-1}^{j-1} + \mathbf{\Gamma}_k^j \mathbf{Z}_k^j, \quad j=2, \dots, M,$$

$$\hat{\mathbf{X}}_k = \hat{\mathbf{X}}_k^M, \quad (2)$$

где $\hat{\mathbf{X}}_k = [\hat{x} \quad \hat{v}_x \quad \hat{y} \quad \hat{v}_y \quad \hat{z} \quad \hat{v}_z]^T$ – оценка вектора состояния; \mathbf{A}_k^j – переходная матрица, которая определяется следующим соотношением

$$\mathbf{A}_k^j = \begin{bmatrix} 1-\alpha_k & (1-\alpha_k)T^j & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\beta_k/T^j & 1-\beta_k & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1-\alpha_k & (1-\alpha_k)T^j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\beta_k/T^j & 1-\beta_k & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1-\alpha_k & (1-\alpha_k)T^j \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\beta_k/T^j & 1-\beta_k \end{bmatrix} \mathbf{F}_k^j = \begin{bmatrix} \alpha_k & 0 & 0 \\ \beta_k/T^j & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_k & 0 \\ 0 & \beta_k/T^j & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_k \\ 0 & 0 & \beta_k/T^j \end{bmatrix}$$

$\mathbf{Z}_k^j = [\zeta_{x,k}^j \quad \zeta_{y,k}^j \quad \zeta_{z,k}^j]^T$ – вектор измерения; α_k и β_k – коэффициенты усиления фильтра; T – время обновления информации; $\zeta_{x,k}^j, \zeta_{y,k}^j, \zeta_{z,k}^j$ – измеренное положение воздушного объекта (ВО); M – количество датчиков.

Функциональная схема устройства объединения траекторий (УОТ), которая функционирует в соответствии с (1–2), показана на рисунке 1.

Для повышения устойчивости сопровождения и точности оценки параметров движения ВО предлагается использовать способ, заключающийся в получении экстраполированных значений информации от датчиков МСС между отсчетами измерений. Для этой цели в каждую ветвь схемы, представленной на рисунке 1, необходимо включить экстраполятор (Э), как это показано на рисунке 2. В схеме на рисунке 2 буквой С обозначен сумматор.

Структурная схема экстраполятора представлена на рисунке 3. На этой схеме ВС – вычислитель скорости; ВЭ – вычислитель экстраполяции; Δt_i – темп обновления информации (время между отсчетами радиолокационной информации (РЛИ)); Δt_k – время между рассчитываемыми экстраполированными значениями. Структурная схема экстраполятора от ветви к ветви не изменяется.

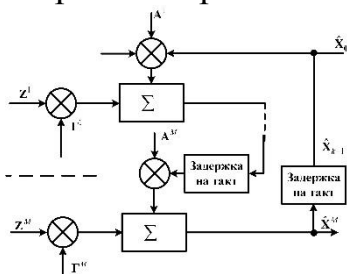


Рис. 1. Функциональная схема устройства объединения траекторий

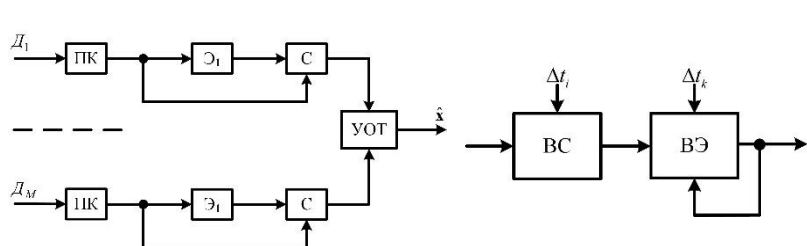


Рис. 2. Структурная схема последовательного метода с экстраполяцией

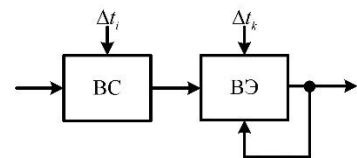


Рис. 3. Структурная схема экстраполятора

Сравним оба подхода к последовательному методу обработки (ФК и α - β - фильтр) с точки зрения точности оценки координат и количества операций, необходимых для их реализации. На рисунке 4 представлены результаты моделирования для СКО координаты x при исходных данных, обобщенных в таблице. Графики для координат y и z не приводятся, т.к. их поведение в целом соответствует зависимостям для координаты x .

Таблица

Исходные данные для моделирования и обозначения на рисунке 4

Исходные данные		Рисунок 4, а	Рисунок 4, б	Рисунок 4, в
СКО ошибок измерения РЛС1	по дальности, м	36	200	50
	по азимуту, градус	0,01	0,01	0,1
	по угол места, градус	0,01	0,01	0,1
СКО ошибок измерения РЛС2	по дальности, м	36	36	100
	по азимуту, градус	0,01	0,01	1
	по угол места, градус	0,01	0,01	1

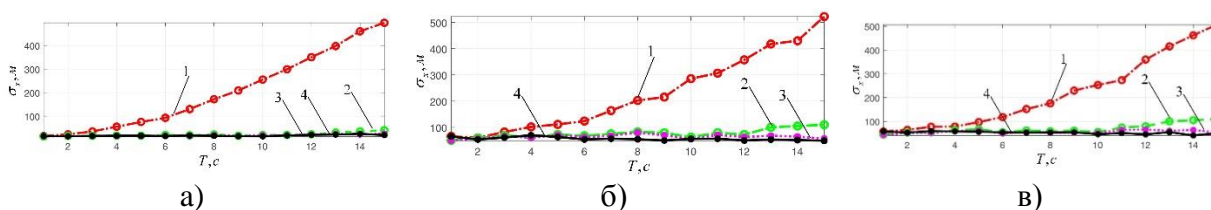


Рис. 4. СКО координаты x в зависимости от времени обновления информации T
 Обозначения: 1 – без экстраполяции с α - β - фильтром; 2 – без экстраполяции с ФК;
 3 – с экстраполяцией с ФК; 4 – с экстраполяцией с α - β - фильтром

Сравнительный анализ рисунка 4 позволяет сделать вывод о том, что ФК и α - β - фильтр с экстраполяцией имеют близкую точность оценивания, причем последний при определенных условиях имеет преимущество в точности перед ФК. При этом без экстраполяции α - β - фильтр существенно уступает ФК в точности получаемой оценки.

На основе [4] проведен анализ количества операций, необходимых для исследуемых алгоритмов с экстраполяцией.

На рисунке 5 а, б представлены зависимости $N_{\text{ФК}} = f(L_{\text{ВО}}, \Delta t_k)$ и $N_{\alpha\beta} = f(L_{\text{ВО}}, \Delta t_k)$ соответственно. где $L_{\text{ВО}}$ – количество сопровождаемых в зоне ответственности ВО.

Результаты, приведенные на рисунке 10, свидетельствуют о том, что последовательная обработка информации в МСС с применением ФК и α - β - фильтра с экстраполяцией, исходя из мощностей современных вычислительных средств, вполне возможна в реальном масштабе времени. Кроме того, наблюдается значительное уменьшение количества вычислительных операций при применении α - β - фильтра.

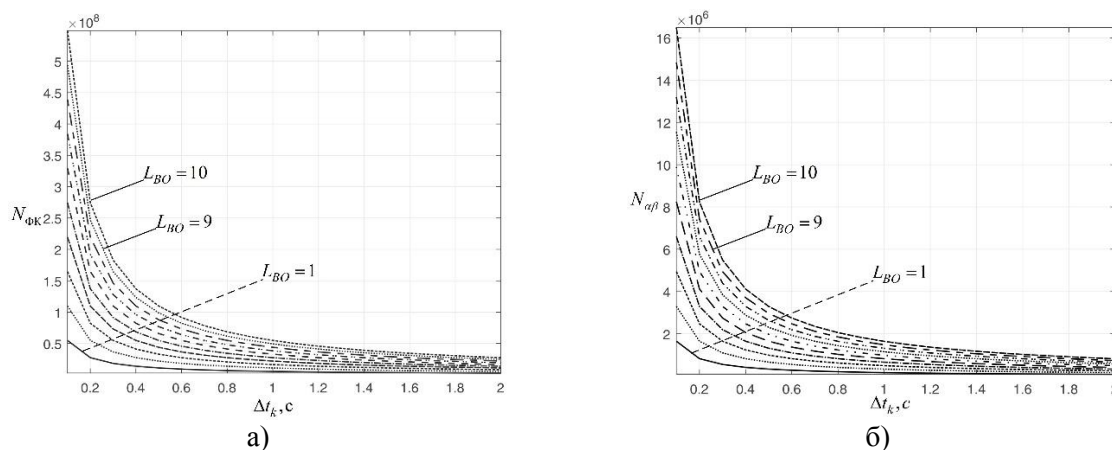


Рис. 5. Зависимости $N_{\text{ФК}} = f(L_{\text{ВО}}, \Delta t_k)$ и $N_{\alpha\beta} = f(L_{\text{ВО}}, \Delta t_k)$

Заключение. Обобщая полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Предлагаемые алгоритмы с экстраполяцией обеспечивают улучшение характеристик оценки координат ВО, и их эффективность, заключающаяся в уменьшении ошибки оценки координат ВО, возрастает при более высоких значениях времени обновления РЛИ.

2. Проведенный сравнительный анализ оценки координат показал, что ФК и α - β - фильтр имеют близкую точность оценивания, однако α - β -фильтр превосходит ФК при больших значениях времени обновления информации T .

3. Предложенные алгоритмы объединения информации вполне могут быть реализованы в реальном масштабе времени на современной элементной базе. При этом α - β - фильтр предпочтительнее, в связи с меньшей вычислительной емкостью.

Список литературы

1. Зайцев, Д. В. Многопозиционные радиолокационные системы. Методы и алгоритмы обработки информации в условиях помех / Д. В. Зайцев, – М.: Радиотехника, 2007. – 96 с. – ISBN 5-88070-183-7.
2. Гришин, Ю.П. Динамические системы устойчивые к отказам / Ю.П. Гришин, Ю. М. Казаринов. – М.: Радио и связь, 1985. – 176 с. – Г2402020000-089/046(01)-44-85
3. Фарина, А., Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей / А. Фарина, Ф. Студер – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с. – ISBN 5-256-00472-7.
4. Counting-the-floating-point-operations-flops. – 2015. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: – URL. – <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/50608>. Дата обращения 08.11.2022.

ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ УГРОЗА И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ НЕЕ НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ НЕНУЖНЫХ И ЗАКРЫТЫХ ЗАПРОСОВ К БАЗЕ ДАННЫХ

Белоусова В.С.¹, Погорелов А.А.²

^{1,2}Политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Донской государственный
технический университет» в г. Таганроге, Ростовская область, РФ
tag.uchot@donstu.ru

Введение. В настоящее время в связи с ростом интереса к информационным технологиям (ИТ), возникла проблема пользовательской технической компьютерной угрозы, которая может включать в себя атаки, направленные на базы данных (БД), а именно SQL-инъекции или DDoS-атаки.

Цель – Провести анализ методов защиты от пользовательской технической компьютерной угрозы на примере: SQL-инъекций и DDoS-атак.

Основная часть. SQL-инъекция – возникает, когда злоумышленник может вставить вредоносный SQL код в запросы, отправляемые в базу данных приложением. Это может произойти, если приложение не корректно обрабатывает пользовательский ввод и доверяет ему без проверки. Выделяют 5 основных типов SQL инъекций:

1. In-Band или Union-based.
2. Error-based.
3. Boolean-based.
4. Time-based.
5. Out-of-Band.

Последствия SQL-инъекций:

1. Удаление данных;
2. Обновление данных;
3. Добавление данных;
4. Выполнение на сервере команды, которые будут загружать и устанавливать вредоносные программы;
5. Выполнение экспорта на удаленный сервер злоумышленника ценных данных, таких как данные кредитной карты, пароли.

DDoS-атака – это форма кибератаки, при которой злоумышленники пытаются нарушить работоспособность веб-системы или сделать ее недоступной для обычных пользователей, перегружая ее большим количеством запросов.

Атаки разделяются на три основных вида, по принципу воздействия:

1. ICMP-флуд, UDP-флуд, DNS-амплификация.
2. ACK/PUSH ACK-флуд, SYN-флуд, TCP null/IP null атака.
3. HTTP-флуд, медленные сессии, фрагментированные HTTP-пакеты.

Последствия DDoS-атаки:

1. Полная или частичная остановка бизнес-процессов.
2. Ущерб деловой репутации.
3. Снижение уровня ИБ.
4. Технические трудности, связанные с необходимостью разворачивать резервные системы.
5. Дополнительные расходы. Отражение DDoS-атак, как и восстановление системы и сервисов после них, требует дополнительных расходов

В связи с вышеперечисленным найдены следующие пути защиты:

1. Аутентификация и авторизация:

Ввести строгую аутентификацию пользователей и авторизацию для доступа к БД. Каждый пользователь должен иметь уникальные учетные данные, и их права доступа должны быть ограничены только необходимой информацией.

2. Фильтрация ввода данных:

Использовать механизмы фильтрации ввода данных, чтобы предотвратить SQL-инъекции и другие атаки, основанные на внедрении вредоносного кода через запросы. Не доверять вводу данных пользователей без проверки.

3. Ограничение доступа:

Ограничить доступ к БД только для необходимых приложений и сервисов. Не разрешать удаленный доступ, если он не требуется.

4. Закрытые запросы:

Использовать предварительно определенные и параметризованные запросы для выполнения операций с БД, а не динамические запросы, собираемые на стороне клиента. Это снизит риски SQL-инъекций.

5. Применение брандмауэра и средств защиты от DDoS: Использовать брандмауэры и средства защиты от распределенных атак отказа в обслуживании (DDoS) для сдерживания атак на базу данных.

6. Обработка ненужных и закрытых запросов к базе данных является важной частью общей стратегии обеспечения безопасности информационных систем. Комбинирование указанных методов поможет уменьшить риски и обеспечить надежную защиту от пользовательских технических угроз.

7. Соблюдение совокупности этих методов может помочь защитить компьютерные системы и данные от пользовательских технических угроз.

8. Резервное копирование данных: Регулярно создавайте резервные копии данных, чтобы иметь возможность восстановить информацию в случае успешной атаки.

8. Использование CDN (Content Delivery Network): CDN может помочь распределить трафик между разными серверами и уменьшить нагрузку на целевой сервер.

9.Использовать параметризованные запросы или ORM (Object-Relational Mapping), чтобы избежать вставки пользовательского ввода напрямую в SQL запросы.

Заключение. Информационные ресурсы должны быть надежно защищены и находиться под регулярным мониторингом для предотвращения атак и утечек, которые могут иметь серьезные последствия, поэтому важно иметь стратегию защиты и мониторинга для обеспечения стабильной работы веб-системы или онлайн-сервиса. Таким образом представленные средства защиты позволят предотвратить множество потенциальных угроз.

Список литературы

- 1 Что такое DDoS-атаки и как от них защититься– URL: <https://cloud.yandex.ru/docs/glossary/ddos> (дата обращения: 17.09.2023).
2. Что такое SQL-инъекция? Определение и описание– URL: <https://kaspersky-ru.turbopages.org/kaspersky.ru/s/resource-center/definitions/sql-injection> (дата обращения: 17.09.2023).
3. Красочкин, С. Г. Информационная безопасность баз данных // Международный журнал Гуманитарных и Естественных наук. Сер. Технические науки. – 2022. – Т. 7-1(70). – С. 89–94. – DOI: 10.24412/2500-1000-2022-7-1-89-95
4. Что такое DDoS-атака и как она выглядит. – URL: https://games.mail.ru/pc/articles/hard/chto_takoe_ddos_ataka_i_kak_ona_vygljadit/ (дата обращения: 18.09.2023).

УДК 004.03

РАЗВИТИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ ERP СПЕЦИАЛИСТОВ В ИНДУСТРИИ 4.0

Виноградова Н.В., Прибыльский А.В., канд. техн. наук, доц.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет, г. Таганрог, РФ
vinogradovainworld@mail.ru

Современная концепция Индустрии 4.0, характеризуется автоматизацией и цифровизацией производственных процессов, при этом системы планирования ресурсов предприятия (ERP) играют ключевую роль в управлении бизнес-процессами технологического предприятия, объединяя различные функциональные области (рис.), такие как: финансы, производство, закупки, продажи и т.д.

Одной из основных особенностей Индустрии 4.0 является работа с большими объемами данных, их анализ в режиме реального времени а так же требование от технологических предприятий быстрой адаптации к изменяющимся рыночным условиям и требованиям заказчиков [1].

Управление данными, аналитические навыки и интеграция ERP систем с другими цифровыми технологиями становятся неотъемлемыми элементами работы IT специалистов современного технологического предприятия.

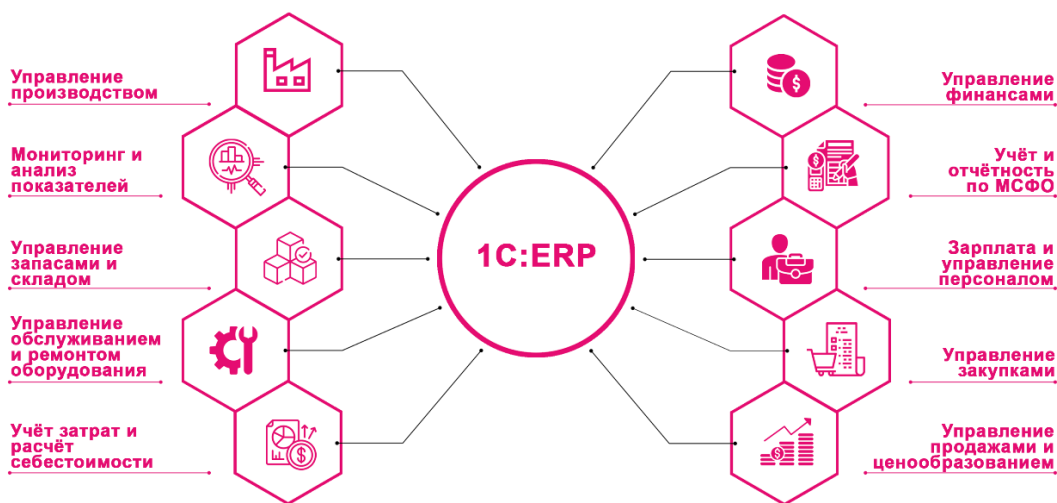


Рис. Структура современной ERP системы на примере 1C ERP. Управление предприятием 2.5

Анализируя данные сайта Head Hunter на сентябрь 2023 года в России требуется более 4 тысяч специалистов ERP. По мнению экспертов [5] рынок систем управления бизнес-процессами в РФ может вырасти в 2024 году на 20 %, отечественные игроки ERP наращивают обороты, активно развиваются вендоры и компании, оказывающие независимую техническую поддержку. Среди наиболее часто заявляемых навыков и компетенций, которые должны быть у специалистов по ERP выделяют:

1. Знание и опыт работы с различными платформами ERP, такими как 1C, SAP, Oracle, Microsoft Dynamics.
2. Умение анализировать бизнес-требования так, чтобы эффективно адаптировать систему или элементы ERP систем в рамках поставленных задач.
3. Понимание основных технических аспектов ERP систем, включая базы данных, языки программирования (например, SQL или 1C), серверные операционные системы и сетевую инфраструктуру.

Как мы видим ERP специалисты должны обладать целым комплексом знаний и навыков, которые закладывать желательно еще в ВУЗе с последующим углублением лишь на специфику отрасли конкретного технологического предприятия. Для решения этой задачи необходимо повышение эффективности процесса обучения, разработка системы подготовки, ориентированной на приобретение практических навыков работы с ERP системой.

Современная система подготовки высококвалифицированных ERP-специалистов нуждается в совершенствовании, во взаимодействии

разработчиков ERP-систем, вузов, министерства образования и экономики. Руководители IT компаний и технологических предприятий активно поддерживают образовательный процесс инвестициями и осознают важность вовлечения своих опытных сотрудников для преподавания соответствующих прикладных областей ERP. Таким примером является компания «1С» продукты которой изучают студенты ЮФУ.

В подготовки ERP специалистов на кафедре САУ ЮФУ выработаны общие рекомендации(этапы) по развитию основных технических компетенций:

Этап 1: Знакомство с основами ERP, включающее в себя изучение основных понятий и принципов работы ERP систем, ознакомление с основными модулями ERP систем (финансы, управление персоналом, управление складом и производством и т.д.), Изучение функций и возможностей ERP систем и ее преимуществ.

Этап 2: Изучение 1С ERP. Управление предприятием 2.5, включающее ознакомление со спецификой выбранной системы и ее модулями, изучение инструментов и функций выбранной системы (настройка, конфигурирование, администрирование и т.д.).

Этап 3. Работа с базами данных и программирование: изучение работы с базами данных (например, SQL или 1С), изучение основ программирования (например, 1С, Python), применение полученных знаний для разработки и настройки модулей ERP системы в соответствии с реальными задачами технологического сектора.

Этап 4: Получение опыта работы с ERP системами (стажировка, проекты и т.д.), участие в реальных проектах по внедрению и настройке ERP систем, работа с реальными клиентами и использование полученных знаний на практике

Этап 5: Получение сертификатов по выбранной ERP системе, обучение новым версиям и обновлениям ERP системы, участие в профессиональных тренингах и конференциях для дальнейшего развития и повышения квалификации

В заключении хотелось бы отметить, что внедрение современных ERP систем на технологических предприятиях, особенно в условиях активной фазы импортозамещения, имеет ключевое значение для их эффективной работы и повышения конкурентоспособности на рынке. Система 1С ERP. Управление предприятием 2.5 является уникальной отечественной разработкой и позволяет создавать единую информационную среду предприятия, оптимизировать бизнес-процессы, управлять ресурсами и принимать оперативные решения на основе актуальных данных. Исходя из этого считаем, что внедрение ERP систем является необходимым шагом для современного технологического предприятия, чтобы успешно развиваться в рамках концепции Индустрии 4.0.

Список литературы

1. Рябчук П.Г., Омельченко Е.С. Структурообразующие направления развития индустрии 4.0. в условиях цифровизации промышленного производства // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2022. – №8.
2. Нескромный С.В., Варянова А.А. Индустрия 4.0. Цифровая экономика в России // Научный журнал «Актуальные исследования». – 2020. – №21.
3. Шваб К. Четвертая промышленная революция. – «Эксмо», 2016
4. Данина Н. Анализ данных, тренды и прогнозы от hh.ru [Электронный ресурс] URL: <https://rostov.hh.ru/article/31716?ysclid=ln3d9x5ql0986202029> (дата обращения 28.09.2023).
5. Фадеичев С. Рынок систем управления бизнес-процессами в РФ Тасс Статья 2023 [Электронный ресурс] URL: <http://habr.com/> (дата обращения 27.09.2023)

УДК 550.834:622.12

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИФРАГИРОВАННЫХ ВОЛН ДЛЯ ПРОГНОЗА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗОН ВЕРОЯТНОГО СКОПЛЕНИЯ МЕТАНА

Глухов А.А., д-р техн. наук, *Решетняк Т.А.*, *Ребенок Е.В.*
ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела», г. Донецк, РФ
ranimi@ranimi.org

Введение. Области скопления метана потенциально опасны в плане проявления газодинамических явлений при отработке угольных пластов [1, 2]. Как правило, они приурочены к участкам повышенной трещиноватости либо дробления пород в зонах влияния разрывных тектонических нарушений. В таких случаях прогноз потенциально опасной зоны сводится к прогнозу нарушения стандартными методами наземной сейсморазведки [1, 2]. В общем случае зоны разуплотнения могут быть вызваны различными причинами и могут быть не связанными с дизъюнктивами. При этом эффективность стандартных методов прогноза снижается. В качестве дополнительного средства может применяться метод дифрагированных волн [3], целесообразность использования которого для выявления зон вероятного скопления метана в данной статье рассмотрена с помощью методов математического моделирования.

Методика моделирования. Идея подхода заключается в последовательном применении программных средств моделирования процесса распространения и регистрации сейсмических колебаний в углепородном массиве и средств обработки результатов сейсмических экспериментов [4, 5]. На первом этапе задается модель среды,

расположение пунктов возбуждения (ПВ) и наборов сейсмоприемников (СП). Для каждого положения ПВ и набора СП рассчитываются сейсмограммы. На следующем этапе сейсмограммы обрабатываются так, как если бы результаты были получены на практике. Выполняется прогноз строения среды. Результаты прогноза сравниваются с моделью.

Результаты моделирования. На представленных ниже примерах в качестве модели использованы сейсмические разрезы участка «Кальмиусский Рудник» поля шахты им. А.Ф. Засядько. Рассчитывались параметры сейсмического поля с учетом зоны повышенной трещиноватости углепородного массива в интервале угольного пласта m_3 .

Базовая модель схематически изображена на рисунке 1а. Массив представляет собой переслаивающиеся аргиллиты, алевролиты и песчаники с равнозначным вкладом каждого из этих видов пород. На глубине около 900 м залегает мощный слой плотного песчаника. На этом уровне моделируется зона разуплотнения.

В процессе моделирования имитировались наземные сейсмические наблюдения, выполняемые по методу общей глубинной точки (ОГТ) [1].



Рис. 1. Модель разрезов на участке «Кальмиусский Рудник» поля шахты им. А.Ф. Засядько (а) и мгновенная картина распространения SH волн (б)

На рисунке 1б представлена картина распространения сейсмических волн (SH) для момента, когда информативная волна отразилась от песчаника и направляется к поверхности после взаимодействия с зоной разуплотнения. Кроме волн, отраженных от слоев пород, видна рассеянная аномалией волна. На рисунке 2а представлены полученные в результате обработки сейсмические разрезы ОГТ (копия экрана программы обработки). По горизонтальной шкале откладываются отсчеты по времени (2000 отсчетов с шагом 125 мкс). Область разуплотнения можно выделить по признаку снижения амплитуды отраженной волны. Расчеты показали, что к такому эффекту может привести понижение скоростей распространения сейсмических волн в зоне разуплотнения на 15-20%. Этот результат согласуется с полученным ранее [2].

На рисунке 2б представлены рассчитанные методом дифрагированных волн (МДВ) изображения массива пород. По шкалам откладываются координаты (в локальной системе). На полученном изображении четко проявляются границы раздела сред. В зоне разуплотнения на уровне песчаника наблюдается разрыв полос синфазности отраженных волн, свидетельствующий о наличии аномалии. Верхняя граница области разуплотнения проявляется как область синфазности, сформированная при суммировании рассеянных волн.

Следует отметить, что полученные МДВ изображения массива горных пород достаточно информативны. По этой причине метод может быть рекомендован к использованию в качестве дополнения к стандартным подходам обработки результатов сейсморазведки.

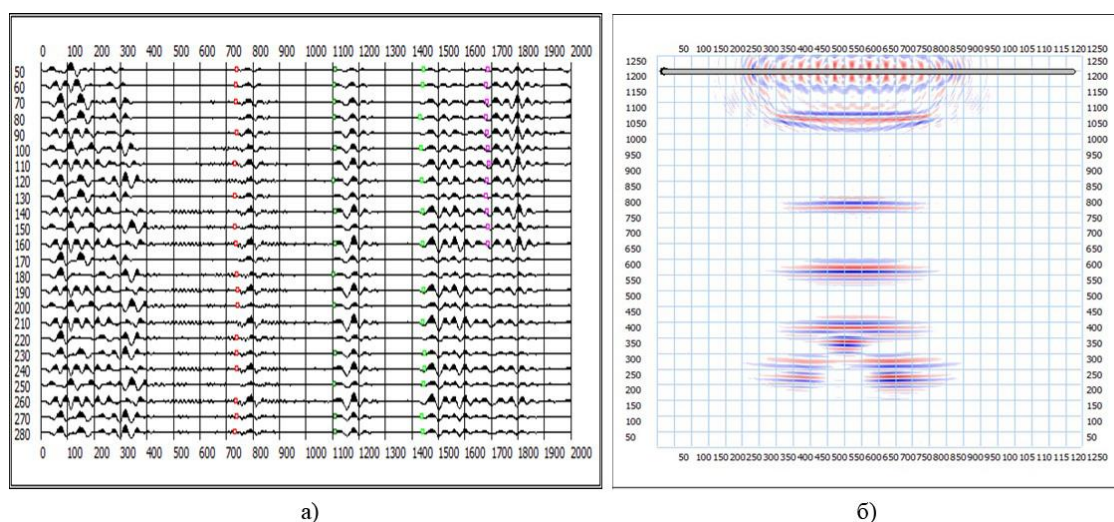


Рис. 2. Сейсмические разрезы ОГТ (а) и изображения среды, полученные с помощью МДВ (б)

Закключение. Таким образом, в данной статье при помощи методов математического моделирования дан краткий анализ эффективности применения различных методов сейсморазведки для прогноза потенциально опасных зон повышенной трещиноватости. Показано, что метод дифрагированных волн целесообразно использовать в качестве дополнения к стандартным подходам обработки результатов сейсморазведки.

Список литературы

1. Анциферов, А. В. Теория и практика шахтной сейсморазведки / А.В. Анциферов. – Донецк: ООО “Алан”, 2002. – 312 с.
2. Изучение газоносности угленосных формаций : моногр. / М. Г. Тиркель, В.А. Анциферов, А.А. Глухов ; Укр. гос. науч.-исследов. и проект.-конструкт. ин-т гор. геологии, геомеханики и маркшейд. дела. – Донецк : Вебер. Донец. отд-ние, 2008. – 208 с. – ISBN 978-966-335-189-6.
3. Глухов, А. А. Алгоритм метода дифрагированных волн по прогнозу дизъюнктивов угольных пластов / А. А. Глухов // Журнал теоретической и прикладной механики. – 2021. – №1. – С. 73 – 83.

4. Анциферов, А. В. Математическое моделирование в шахтной сейсморазведке / А. В. Анциферов, А. А. Глухов. – Киев: Наукова думка, 2012. – 255 с.
5. Анциферов, А. В. Об автоматизации обработки сейсмических данных при прогнозе геологических нарушений угольных пластов методами отраженных волн и сейсмической локации / А. В. Анциферов, А. А. Глухов // Сб. научн. тр. РАНИМИ, 2018. – Т. 1, № 21. – С. 99 – 106.

УДК 004.056.55

АНАЛИЗ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН

Голубин А.В.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»,
г. Екатеринбург, РФ
a.v.golubin@usue.ru

Введение. В условиях цифровизации и активного развития информационных технологий объемы данных, сохраняемых и обрабатываемых в информационных системах, стремительно растут, поэтому в эпоху цифровой информации обеспечение безопасности данных как на аппаратном, так и на программном уровне становится приоритетной задачей. Однако традиционные централизованные системы хранения данных подвергаются угрозам взлома и несанкционированного доступа. Основываясь на этом, можно выделить такую технологию, как блокчейн, помогающую обеспечить безопасности данных в распределенных системах.

Обзор существующих проблем информационного пространства. Основываясь на цифровизации множества бизнес-процессов, а в дальнейшем переход к цифровой информации можно выделить проблемы информационного пространства затрагивающие угрозы безопасности данных, так как распределенные системы данных могут сталкиваться с угрозами, такими как взломы, атаки на целостность данных и кражи личной информации [1]. Даже с применением шифрования, централизованные системы могут быть уязвимыми. Также можно выделить проблемы централизации доступа к однопользовательским точкам доступа, означающее, что в случае их выхода из строя, вся система может стать недоступной. В централизованных системах обязательное требование связано с доверием к администраторам и владельцам данных, что иногда может быть рискованным.

Обзор существующих проблем информационного пространства демонстрирует сложность и актуальность вопросов, связанных с безопасностью, доступностью и управлением данными в цифровой эпохе.

Для понимания сформируем таблицу, где сгруппированы проблемы по признаку происхождения, а также описано их влияние на цифровые данные.

Таблица

Описание проблем информационного пространства

Возникающая проблема	Описание и влияние проблемы
Кибербезопасность и угрозы	
Кибератаки	Взломы, хакерские атаки и другие формы киберугроз становятся все более частыми и совершенными.
Мошенничество в сети	Онлайн-мошенничество, включая фишинг и аферы с криптовалютами, представляют серьезную угрозу личной и финансовой безопасности.
Приватность и защита данных	
Сбор и монетизация данных	Крупные технологические компании активно собирают и используют личные данные пользователей без их согласия, вызывая вопросы о приватности.
Утечки данных	Утечки личных данных и нарушения конфиденциальности, такие как случаи с утечкой кредитных данных, становятся все более распространенными.
Зависимость от централизованных служб	
Централизованные платформы	Зависимость от крупных централизованных онлайн-платформ означает, что они имеют контроль над данными и контентом, что может вызывать вопросы о свободе и прозрачности.
Управление большими данными (Big Data)	
Безопасность и конфиденциальность	С ростом объемов данных возникают вопросы о безопасности и конфиденциальности, а также о том, как управлять и анализировать такие объемы информации.

Эти проблемы информационного пространства требуют серьезного внимания и усилий как со стороны технологического сообщества, так и со стороны законодателей и общества в целом. Решения для этих проблем могут включать в себя разработку более безопасных технологий, улучшение правовых норм и повышение осведомленности пользователей о цифровой безопасности и этике.

Технология блокчейн как решение и ее влияние на сферы деятельности. Блокчейн (Blockchain) – это распределенная база данных, которая хранит информацию в блоках, каждый из которых содержит информацию о предыдущем блоке. Каждый блок в блокчейне связан с предыдущим блоком с помощью криптографической хэш-функции, что обеспечивает целостность и надежность цепочки блоков [2]. Технология блокчейн обычно связана с криптовалютой, но ее можно применять и в других областях, таких как управление данными, финансы, логистика, медицина, правительство и многие другие. Блокчейн нашел применение во многих областях, включая финансы, медицину, логистику, голосование,

недвижимость и другие. Его способность обеспечивать надежность и прозрачность данных делает его привлекательным решением для различных задач.

Технология блокчейн имеет большой потенциал изменить способ управления данными и обеспечения их безопасности. Ее принципы и аспекты делают ее ценным инструментом для современной цифровой экономики и общества.

Данная технология обладает функциональной возможностью, децентрализации, благодаря работы на основе децентрализованной сети узлов, что делает его устойчивым к однопользовательским точкам отказа, а также сеть хранит копии данных, что обеспечивает их сохранность. Поскольку блокчейн хранится на множестве узлов, а не на одном центральном сервере, он становится менее уязвимым к хакерским атакам или взлому [3]. А также прозрачность и непреложность, так как все изменения данных записываются в цепочку блоков, которая не может быть изменена или удалена без согласия большинства участников сети.

Применение технологии блокчейн нашло свое место во многих сферах деятельности человека. Использование для безопасного хранения медицинских записей и обеспечения конфиденциальности пациентов. В финансовой сфере блокчейн используется для обеспечения безопасности транзакций и снижения мошенничества. Снабжение и логистика, обеспечение прозрачности и обслуживаемость товаров в снабженческой цепи.

Заключение. Технология блокчейн представляет собой инновационный подход к обеспечению безопасности данных в распределенных системах. С его помощью можно обеспечить децентрализацию, криптографическую защиту и непреложность данных. Несмотря на свои преимущества, она также имеет свои ограничения и требует дальнейших исследований для оптимизации и расширения ее применения. Эффективность решения на основе блокчейна оценивается на основе уровня безопасности, прозрачности и доступности данных.

Список литературы

1. Основные тренды развития отечественных информационных систем и возникающие проблемы в условиях импортозамещения / А. А. Копнин, А. В. Голубин, Е. В. Соколова, Д. В. Прокошев // Научное обозрение. Технические науки. – 2023. – № 1. – С. 5-9. – DOI 10.17513/srts.1420. – EDN CFFYMX.
2. Анализ возможностей технологии блокчейн в управлении данными / К. Н. Канатъев, В. Н. Большаков, А. Р. Анисимов [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2023. – № 5. – С. 174-178. – EDN XVVEUW.
3. Gomber, P., Koch, J.-A., & Siering, M. (2018). Blockchain in financial services: What is hype and what has value? *Business & Information Systems Engineering*, 60(5), 433-437.

МЕТОДИКА АНАЛИЗА УЯЗВИМОСТЕЙ В БИНАРНОМ КОДЕ

Данилов В.В., д-р техн. наук, проф., *Бабичева М.В.*, *Сыровацкий В.И.*
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
m.babicheva@donnu.ru,

Введение. На сегодняшний день компании-разработчики ПО сталкиваются с рисками, связанными с ошибками и недочетами допущенными программистами при написании кода. За предыдущий год эксперты по информационной безопасности обнаружили более 9 000 различных уязвимостей «нулевого дня» [1]. На данный момент существует два основных подхода к поиску уязвимостей в приложениях – статический и динамический анализ [2]. У обоих подходов есть свои плюсы и минусы. Поэтому есть смысл совмещения этих двух подходов. Целью данной работы является разработка эффективной гибридной методики анализа уязвимостей бинарного кода.

Постановка задачи. Необходимо проанализировать и систематизировать существующие уязвимости в бинарном коде, написанном на языках C/C++, методы их поиска и эксплуатации. Провести экспериментальное тестирование написанных тестовых приложений, запущенных на удаленном сервере, имеющих уязвимости, используя различные методики и программные средства. На основе проведенных экспериментов разработать собственную методику поиска уязвимостей в скомпилированном бинарном коде. В данной работе не рассматриваются подробно вопросы обфускации и оптимизации кода при компиляции.

Критические уязвимости в бинарном коде. Для практической реализации и эксплуатации были выбраны следующие уязвимости: переполнение буфера на стеке и в куче, перезапись файловых дескрипторов, уязвимость форматной строки, перезапись таблицы связей процедур через уязвимость форматной строки, а также использование встроенного рандома. Некоторые уязвимости можно использовать по-разному в зависимости от того, какие ошибки допущены в коде. Но эксплуатация их может привести к печальным последствиям, что и продемонстрировано в работе.

Разработка приложений. Было разработано 10 приложений, которые представляли из себя задания для тренировки к международным играм ctf, категории rwp. Каждое приложение позволяло общаться с пользователем, задача которого была получить флаг – текстовую строку, начинающуюся donnuCTF. Однако заставить сервер выдать эту строку можно было только поэксплуатировав допущенную разработчиком ошибку. Например, на рисунке 1 представлено запущенное на удаленном сервере приложение, демонстрирующее уязвимость кода, ведущую к переполнению буфера в стеке, позволяющую перезаписать адрес возврата функции.

```

n@n-virtual-machine:~$ nc 176.103.208.176 43463
Enter first token >> 123
Check 1 is not passed.
123

```

Рис. 1. Для получения флага необходимо ввести 2 правильных токена

Для получения флага необходимо ввести два правильных токена, но они формируются случайно в процессе работы программы и угадать их невозможно. Необходимо так переполнить переменные, в которые вводятся данные, чтобы была возможность переписать адрес возврата первой функции, перейдя сразу ко второй, а во второй перейти к функции печатающей флаг из файла на сервере. При этом дается исходный код и скомпилированная под Linux программа. Необходимо декомпилировать приложение и найти адреса возврата функций check1(), check2() и printFlag() и адрес переменной для введения токена на стеке (рис. 2).

register_tm_clones	.text	080491C0
__do_global_ctors_aux	.text	08049200
frame_dummy	.text	08049230
printFlag	.text	08049236
readToken1	.text	080492EE
readToken2	.text	0804935D
check2	.text	080493CC
check1	.text	0804945D
main	.text	080494E5
__x86_get_pc_thunk_ax	.text	08049505
__libc_csu_init	.text	08049510
__libc_csu_fini	.text	08049580
__x86_get_pc_thunk_bp	.text	08049585
term	fini	0804958C

Рис. 2. Адреса возврата функций check1(), check2() и printFlag() в дизассемблере Ida Pro.

Надо рассчитать количество байт, которые надо отослать на сервер в качестве ввода, чтобы добраться до адреса возврата функции check1() и перезаписать его на адрес возврата функции check2(), затем найти адрес функции printFlag() и то, сколько байтов надо записать все в переменную из функции check2(), чтобы перейти сразу к адресу по которому находится функция printFlag(). И все это надо сделать удаленно, подключившись к серверу. Для этого пишем эксплойт на языке Python (рис. 3). Решение задачи предполагает понимание работы приложений, написанных на компилируемых языках на самом низком уровне, знание уязвимостей и поиск их в исходном коде, работа с дизассемблером, для получения адресов функций и переменных на стеке и умение написать программу на высокоуровневом языке для взаимодействия с удаленным сервером.

```

from pwn import *

p = remote('176.103.208.176', 43463)
payload1 = b"a" * 92 + b"\xcc\x93\x04\x08"
payload2 = b"a" * 172 + b"\x36\x92\x04\x08"
#p = process("./pwn7")
p.sendline(payload1)
p.sendline(payload2)
r = p.recvall()
print(r)

```

```

py
[X] Opening connection to 176.103.208.176 on port 43463
[X] Opening connection to 176.103.208.176 on port 43463: Trying 176.103.208.176
[+] Opening connection to 176.103.208.176 on port 43463: Done
[X] Receiving all data
[X] Receiving all data: 0B
[+] Receiving all data: Done (153B)
[*] Closed connection to 176.103.208.176 port 43463
b'Enter first token >> Check 1 is not passed.\nEnter second token >> Check 2 is not passed.\nYou are admin!\nflag: donmuCTF{6cf6f9401316b5c519a9faa0a7ea1014}\n'
>>> |

```

Рис. 3. Эксплойт, отправляющий на удаленный сервер данные и результат – получение флага

Для поиска уязвимостей в работе используются утилиты Ida Pro, gdb, checksec, gсс, однако анализ кода и дизассемблированной программы является самым надежным, хотя и достаточно ресурсозатратным методом.

Заключение. На основе теоретического анализа бинарных уязвимостей и практического тестирования приложений на их наличие и эксплуатацию была предложена методика гибридного анализа бинарных уязвимостей, включающая как статический, так и динамический анализ, создана таблица шаблонов, по которой можно анализировать исходный или декомпилированный код, предложены инструменты, которые облегчают анализ и поиск уязвимостей, шаблоны для написания эксплойтов для эксплуатации найденных уязвимостей. Апробация методики показала, ее эффективность.

Результаты работы будут интересны разработчикам на языках C/C++, а также широкому кругу лиц, интересующихся проблемами информационной безопасности. Разработанные программы и методика будут внедрены в учебный процесс как материал для лекций и лабораторных работ по курсу «Аппаратно-программные средства защиты информации», а также для тренировок к международным играм ctf.

Список литературы

1. Desoli G. A new run-time control point. / G. Desoli, N. Mateev, E. Duesterwald, P. Faraboschi, J. A. Fisher //In Proceedings of the 35th Annual Symposium on Microarchitecture (MICRO35), Istanbul, Turkey, November 2022, p. 257–270.
2. Падарян В. А. Методы и программные средства, поддерживающие комбинированный анализ бинарного кода. / В.А. Падарян, А.И. Гетьман, М.А. Соловьев, М.Г. Бакулин, А.И. Борзилов, В.В. Каушан, И.Н. Ледовских, Ю.В. Маркин, С.С. Панасенко //Труды Института системного программирования РАН Том 26. Выпуск 1. 2014 г. Стр. 251-276.

УДК 53.03

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА НА ИСКАЖЕНИЕ ПОСЛЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

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, *Копёнкин К.Н.*

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет

имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

meetvgtu3@vglta.vrn.ru

С появлением цифровой аппаратуры современная наука, в целом, и физика, в частности, получила новое развитие, обусловленное изменением

всей измерительной инструментальной базы. Внедрение новых методов оптимизации в анализ результатов испытаний как в сфере фундаментальных, так и прикладных наук требует развития комплексных подходов к исследованиям [1]. Инновационная деятельность занимает период времени от исследования базовых (фундаментальных) физических эффектов, практического воплощения идеи в конкретном продукте или услуге до разработки методов утилизации отходов при производстве или после устаревания продуктов и услуг. Подобные комплексные исследования неосуществимы без грамотного синтеза вычислительных и физических экспериментов [2]. Развитие логико-лингвистического моделирования для автоматизированных систем предъявляет высокие требования к точности физико-математических описаний исследуемых процессов, поскольку именно на этих описаниях основана его аксиоматика [3]. Поэтому изучение влияния параметров рассматриваемых объектов на возможные их искажения при обработке информации, особенно в сфере приема и передачи сигнала, приобретают все большее значение в сфере современных научных исследований.

Целью данной работы является анализ влияния параметров периодической последовательности прямоугольных видеоимпульсов на искажение после их гармонического синтеза.

Под гармоническим синтезом в данном исследовании понимается формирование сигналов сложной формы суммированием гармонических составляющих их спектра. Для осуществления оценки последовательность прямоугольных импульсов представляется в виде суммы одиночных импульсов (оценки проводились для 10 импульсов в последовательности). Постоянная составляющая A_0 в гармоническом синтезе такой последовательности, реализуемом как ряд Фурье, определяется формулой

$$A_0 = \frac{E}{T} \tau = \frac{E}{q}, \quad (1)$$

где E – амплитуда; T – период следования; τ – длительность импульса; $q = T/\tau$ – скважность периодической последовательности импульсов.

Последовательность прямоугольных импульсов $u_s(t)$ после гармонического синтеза оценивалась суммой

$$u_s = A_0 + \sum_n^N A_n \cos\left(\frac{2\pi t}{T} - \varphi_n\right), \quad (2)$$

где N – количество гармоник; A_n и φ_n – амплитуда и соответствующая фаза n -ой гармонической составляющей.

Оценку доли энергии проводили с помощью соотношения

$$\Delta(\%) = \frac{\sum_{n=0}^N A_n^2}{\sum_{n=0}^{N_{\max}} A_n^2} \cdot 100, \quad (3)$$

где N_{max} – максимальное количество гармонических составляющих, которое целесообразно учитывать, определялось из условия

$$\frac{A_{N_{max}}}{A_0} \leq \varepsilon, \quad (4)$$

где $\varepsilon \sim 1\%$ – параметр малости, соответствующий количеству $N_{max} = 30$. При этом уже при $N = 10$, величина $\Delta = 96\%$.

В результате расчетов после гармонического синтеза наибольшие искажения ΔE прямоугольного импульса наблюдались в области максимальной и минимальной величины его амплитуды (на рисунке 1 указаны стрелками). Проведенные оценки зависимости средней величины этих искажений в процентном отношении к максимальной величине разности потенциалов $\Delta E_{cp}(\%)$ от длительности (τ), амплитуды (E) и скважности (q) представлены на рисунке 2.

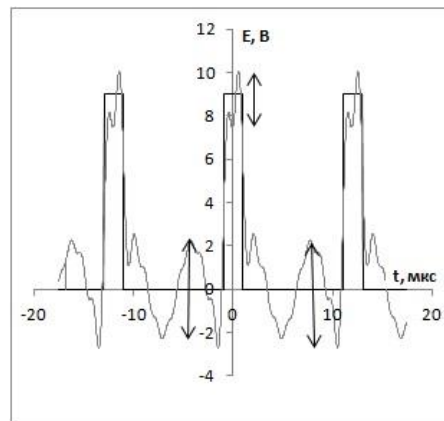


Рис. 1. Сопоставление последовательности прямоугольных видеоимпульсов и результатов гармонического синтеза

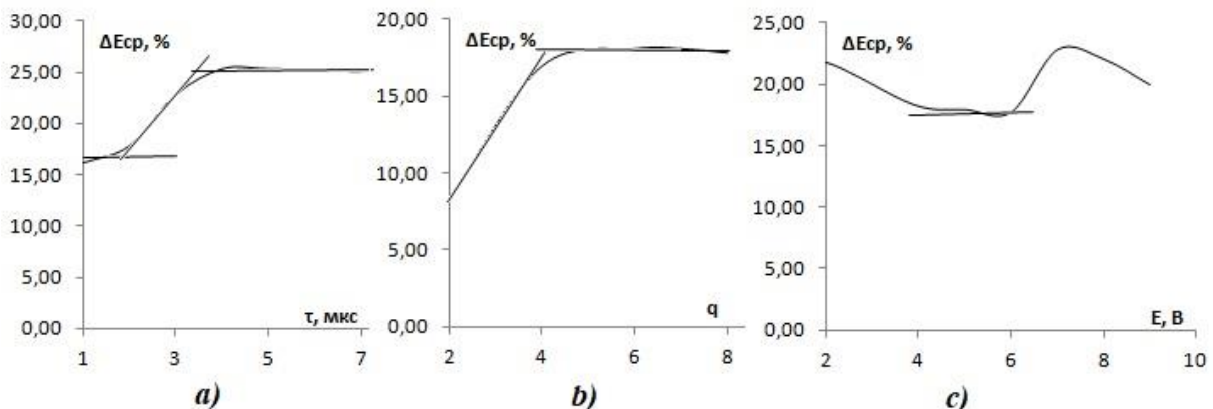


Рис. 2. Зависимости $\Delta E/E$ (%) от длительности (a), скважности (b) и амплитуды импульса (c)

Было выявлено, что с увеличением длительности импульса величина $\Delta E_{cp}(\tau)$ возрастает, а затем стабилизируется для длительностей, превышающих $\tau \approx 4$ мкс. Таким образом, минимальное искажение

соответствует импульсам с длительностью до 2 мкс. Увеличение скважности тоже приводит к возрастанию ΔE_{cp} с последующей стабилизацией. Как и предполагалось, минимальное искажение соответствует меандру ($q = 2$). Функция $\Delta E_{cp}(E)$ имеет минимум в интервале амплитуд $E = 3,9-6$ В.

В результате проведенных оценок можно уверенно предположить, что искажения импульсов в результате гармонического синтеза могут достигать 25 % от амплитуды в зависимости от параметров передаваемого сигнала. При этом существуют определенные интервалы величин амплитуды и длительности видеоимпульсов ($\tau \approx 1-2$ мкс, $E = 3,9-6$ В), для которых величина ΔE_{cp} (%) минимальна.

Таким образом, оценки, основанные на базовых представлениях о гармоническом синтезе последовательности прямоугольных импульсов в аппаратуре при их приеме, позволяют проанализировать влияние параметров передаваемого сигнала на величину его искажения.

Список литературы

1. Зарубин, В. С. Математическое моделирование в технике: учебник для вузов / В. С. Зарубин. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 496 с.
2. К вопросу о возможностях вычислительного эксперимента / Н. С. Камалова, Н. Н. Матвеев, Н. Ю. Евсикова [и др.] // 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 года / Под общей редакцией С.В. Беспаловой. Том 2. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2022. – С. 188-190. – EDN OIMZAB.
3. Теоретические основы системного анализа / В. И. Новосельцев, Б. В. Тарасов, В. К. Голиков, Б. Е. Демин; под ред. В. И. Новосельцева. – Москва: Майор, 2006. – 592 с.

УДК 621.372.826

УСТОЙЧИВОСТЬ РАБОТЫ ТРАНЗИСТОРНОГО УСИЛИТЕЛЯ СВЧ В КОРПУСЕ

Курушин А.А., канд. техн. наук, доц.

¹ФГБОУ ВО «Московский Энергетический институт», г. Москва, РФ
kurushin@mail.ru

Введение. Склонность к самовозбуждению транзисторного СВЧ усилителя (ТУ СВЧ) оценивается инвариантным коэффициентом устойчивости [1].

$$k = \frac{1 + |\Delta_s|^2 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2}{2 |S_{12}| |S_{21}|}$$

и в его выражение входят только **S-параметры**, измеренные в **50-омном** тракте. Если $k > 1$, то окружности устойчивости находятся вне диаграммы Смита, что означает, что при любых рассогласованиях транзистора входной импеданс его принимает положительное значение. Электродинамический расчет ТУ СВЧ в корпусе предполагает учет ближнего поля, который связывает входную и выходную согласующую структуру. Эта связь может привести к превращению усилителя в генератор, если $k < -1$ [2], и обеспечивается фазовое соотношение входного сигнала и сигнала обратной связи.

Моделирование ТУ СВЧ в корпусе, с учетом обратной связи внутри корпуса, а также с учетом излучения (в активной антенне) предполагает выполнение косимуляции структуры ТУ СВЧ, часть которой описывается в виде цепей (транзистор и цепи питания), а часть – в виде согласующей структуры, излучающей в ближнее и дальнее поле (рис. 1).

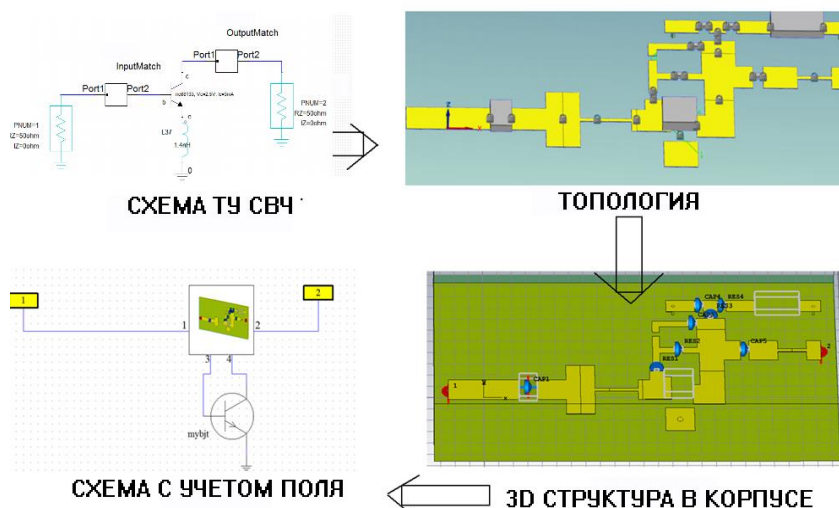


Рис. 1. Цикл преобразования СВЧ структуры для включения в неё нелинейного элемента (косимуляция)

Программа **HFSS ANSYS** позволяет выполнить включение схемы в 3D электродинамическую структуру (в этом случае возможно выполнить анализ ТУ СВЧ при заданном уровне входной мощности и учесть ближние и дальние поля), а также, включить ЭД структуру в схему (в этом случае возможно выполнить расчет нелинейного ТУ СВЧ в фиксированной структуре). Цикл проектирования приведен на рис. 1.

Возможности косимуляции заключаются в слияние токов в узлах и портах схематического представления с интегральными токами портов, рассчитанными на основании теории поля. Из рис. 1 видно, как выполняется косимуляция и учитываются обратные связи, возникающие из-за ближнего поля в пространстве. Превращение усилителя в генератор заключается с выполнением условий амплитудного и фазового баланса. При снижении высоты положения крышки связь по ближнему полю между входной и выходной согласующими структурами возрастает.

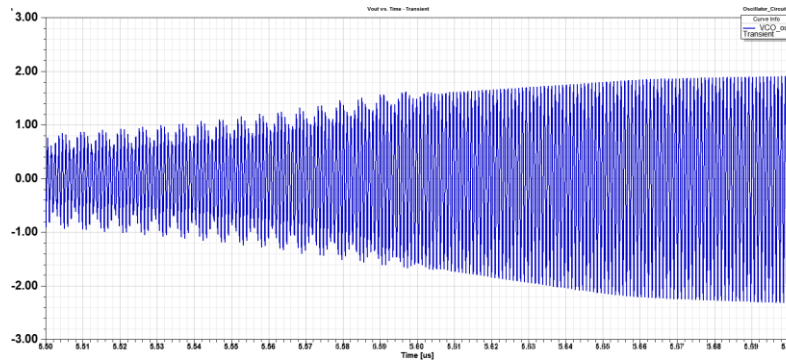


Рис. 2. Переходной процесс, свидетельствующий о возникновении генерации в ТУ СВЧ

Кроме коррекции линейных условий для устранения возбуждения, при изменении размеров корпуса объемной интегральной схемы, важно видеть нестационарные условия, которые оцениваются достижением неустойчивой работы, при изменении амплитуды входного сигнала на входе усилителя [4]. На рис. 2, полученного с помощью программы HFSS ANSYS, видно, что при подаче на вход определенной мощности, переходной процесс достигает уровня насыщения. В этом случае возбуждение может возникнуть на любой частоте, на которой достигаются условия амплитудного и фазового баланса. Возникновение возбуждения видно при анализе переходного процесса на схематическом уровне, при задании на входе каскада мощности, создающие существенные нелинейные искажения и гармоники вне основной полосы пропускания (рис. 2).

Изменение траекторий согласования входной и выходной согласующих структур с учетом связи между ними [4], а также ближнего поля в корпусе усилителя можно проследить на диаграмме Смита, когда эквивалентные S- параметры меняются под действием ближнего поля, связывающего входную и выходную согласующую структуры (в расчете получено, параметр S_{12} увеличивается на частоте 5 ГГц от значения $0.27/60^\circ$ до значения $0.36/45^\circ$, а также

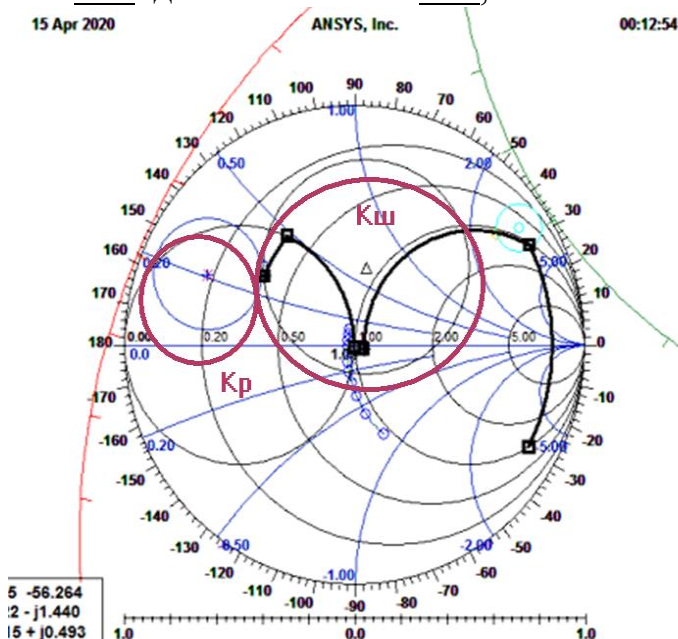


Рис. 3. Сдвиг окружностей равного коэффициента шума и равного коэффициента усиления под действием ближнего поля в корпусе ТУ СВЧ

изменяется первичный шумовой параметр Δ_{12} , со значения $1.6/-103^\circ$ до $2.1/-84^\circ$ оценивающий корреляцию шума на входе и выходе модели транзистора [3,5].

Заключение. Современные САПР позволяют выполнить косимуляцию объемных интегральных схем [4], состоящих из дискретных излучающих устройств и элементов связи между ними в виде резонансных и объемных пространств с диэлектрическим заполнением. Учет ближнего поля позволяет с точностью до 20% рассчитать усиление и коэффициент шума ТУ СВЧ, с учетом ближнего поля. Показано, что вероятность возбуждения ТУ СВЧ в корпусе с учетом ближнего поля согласуется с инвариантным коэффициентом устойчивости К.Курокавы [1].

Список литературы

1. Kurukawa K. Power Waves and Scatterins Matrix. IEEE Transactions on Microwave Theory and Technics, Vol 13, MTT, March, 1965.
2. G.Gonzalez. Microwave Transistor Amplifiers. Prentice Hall, 1996. 506 pp.
3. Текшев В.Б. , Разевиг В.Д., Плигин С.Г. Проектирование малозумящих СВЧ усилителей. Учебное пособие по курсу «Радиоприемные устройства». М., МЭИ, 1987, 96 с.
4. Курушин А.А., Нефедов Е.И., Смольский С.М. Проектирование объемных интеграль-ных схем СВЧ и КВЧ. М. СОЛОН-Пресс, 2021, 492 стр.
5. Курушин А.А. Гибридное моделирование в HFSS ANSYS. СОЛОН-Пресс., М., 2023, 290 стр.

УДК 539.5

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ СОСТАРЕННОГО СПЛАВА В УСЛОВИЯХ ЛАЗЕРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Малашенко В.В.^{1,2}, д-р физ.-мат. наук, проф.,

*Варюхин В.Н.*¹, д-р физ.-мат. наук, проф., *Малашенко Т.И.*³

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

²ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

³ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, РФ

malashenko@donfti.ru

Введение. Воздействие лазерного излучения на функциональные материалы является одним из самых перспективных методов влияния на их свойства, в том числе механические. Одним из главных достоинств этого метода является возможность избирательного воздействия на различные подсистемы кристалла, что достигается изменением и подбором характеристик лазерного излучения. Состаренные сплавы являются одним из важных видов функциональных материалов, широко применяющихся в различных отраслях промышленности, в частности, в самолётостроении. Зоны Гинье-Престона, образующиеся в таких сплавах на первой стадии искусственного или естественного старения, также оказывают

существенное влияние на формирование механических свойств этих материалов. При воздействии лазерных импульсов высокой мощности сплавы подвергаются высокоскоростной деформации, скорость которой $\dot{\epsilon}$ может достигать значений $10^8 - 10^9 \text{ с}^{-1}$ [1-3]. Такая деформация существенно отличается от деформации квазистатической. Причина этих отличий заключается в изменении механизма диссипации и резком возрастании роли коллективных динамических эффектов. Наличие зон Гинье-Престона усложняет неупругие процессы в состаренных сплавах и, в частности, приводит при определённых условиях к возникновению неустойчивости пластической деформации, имеющей свои специфические особенности.

Целью настоящей работы является теоретический анализ влияния зон Гинье-Престона на неустойчивость пластической деформации состаренных сплавов в условиях мощного лазерного облучения.

Основная часть. Задачи о быстро протекающих процессах чаще всего решаются на основе метода молекулярной динамики, имеющего ряд неоспоримых достоинств. Однако этот метод не позволяет анализировать движение большого количества дислокаций и получать аналитические зависимости исследуемых величин от характеристик деформируемого материала и скорости деформации. Для целого ряда задач, представляющих интерес как с научной, так и практической точки зрения, это удаётся сделать в рамках развитой нами теории динамического взаимодействия дефектов (ДВД) [4-6]. Эта теория дала возможность качественно объяснить ряд экспериментальных зависимостей, в частности, зависимости динамического предела текучести сплава от концентрации второго компонента, плотности дислокаций, скорости пластической деформации.

Высокоскоростная пластическая деформация состаренных сплавов может быть реализована при мощности лазерных импульсов $10^7 - 10^8 \text{ Вт/см}^2$. В рамках теории ДВД скоростная зависимость динамического предела текучести состаренного сплава может быть представлена в следующем виде

$$\tau = D\dot{\epsilon} \left(1 + \frac{1}{1 + (\dot{\epsilon}/\dot{\epsilon}_d)^2} \right) + \frac{\lambda}{1 + \dot{\epsilon}/\dot{\epsilon}_G} \quad (1)$$

Здесь D , λ – константы, зависящие от концентрации структурных дефектов различного типа и плотности дислокаций, $\dot{\epsilon}_d$ – скорость пластической деформации, определяющая границу области коллективного взаимодействия точечных дефектов с дислокациями, скорость $\dot{\epsilon}_G$ определяет границу области сухого трения дислокаций, возникающего в результате их динамического торможения зонами Гинье-Престона. Анализ полученного выражения показывает, что в случае предельно высокой концентрации зон Гинье-Престона $n_G = 10^{23} - 10^{24} \text{ м}^{-3}$ график этой зависимости имеет минимум и максимум. Значение скорости, соответствующей максимуму этой зависимости, определяется выражением

$$\dot{\varepsilon}_{\max} = \rho R c \sqrt[4]{n_d \chi^2} \left(\frac{n_d \chi^2}{n_G b R^2} + 1 \right) \quad (2)$$

Здесь ρ – плотность дислокаций, R – средний радиус зоны Гинье-Престона, c – скорость звука в сплаве, n_d – безразмерная концентрация атомов легирующей примеси, χ – параметр их размерного несоответствия, n_G – объёмная концентрация зон Гинье-Престона, b – модуль вектора Бюргерса дислокации.

Выражение для скорости, определяющей положение минимума, имеет вид

$$\dot{\varepsilon}_{\min} = \rho b^2 R \sqrt{\frac{\mu c n_G}{B} \left(1 + \frac{n_d \chi^2}{n_G b R^2} \right)} \quad (3)$$

Здесь μ – модуль сдвига, B – константа фононного торможения дислокаций.

Для получения величин скоростей, определяющих положение экстремумов, возьмём типичные значения $\mu = 5 \cdot 10^{10}$ Па, $c = 3 \cdot 10^3$ м/с, $\chi = 10^{-1}$, $b = 3 \cdot 10^{-10}$ м, $R = 3 \cdot 10^{-9}$ м, $\rho = 10^{12}$ м⁻², $n_d = 10^{-4}$, $B = 10^{-5}$ Па·с, $n_G = 10^{24}$ м⁻³. Выполняя вычисления, получим $\dot{\varepsilon}_{\max} = 10^5$ с⁻¹, $\dot{\varepsilon}_{\min} = 10^6$ с⁻¹. Такие скорости пластической деформации являются достижимыми при облучении состаренного сплава лазерными импульсами высокой мощности.

Анализ полученных выражений позволяет сделать вывод о существенном влиянии зон Гинье-Престона, возникающих в сплавах при их старении, на степень неустойчивости высокоскоростной пластической деформации в условиях мощного лазерного облучения. С одной стороны, при увеличении концентрации зон Гинье-Престона возрастают размеры области так называемого отрицательного торможения дислокаций, в которой увеличение скорости дислокаций приводит к уменьшению их динамического торможения. Именно отрицательное торможение является причиной динамической неустойчивости дислокационного движения, и, как следствие, неустойчивости пластической деформации. При этом левая граница области неустойчивости сдвигается в сторону меньших значений скорости, правая – в сторону больших. С другой стороны, при повышении концентрации зон Гинье-Престона происходит более резкий спад предела текучести, что также повышает неустойчивость пластической деформации.

Заключение. Анализ высокоскоростной пластической деформации в состаренных сплавах позволяет сделать вывод, что зоны Гинье-Престона повышают неустойчивость высокоскоростной пластической деформации этих сплавов при облучении мощными лазерными импульсами. Это обстоятельство необходимо учитывать при анализе лазерной обработки состаренных сплавов.

Список литературы

1. Lee, J.H. High strain rate deformation of layered nanocomposites / J.H. Lee, D. Veysset, J.P. Singer, et al. // Nature Communications. – 2012. – V. 3. – Art. № 1164. – 9 p. DOI: 10.1038/ncomms2166.
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. Особенности высокоскоростной деформации состаренных сплавов / В.В. Малашенко // Физика твёрдого тела. – 2023. – Т. 65. – № 8. – С. 1375-1378. DOI: 10.21883/FTT.2023.08.56156.70

УДК 621.311

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СТАРЕНИЯ КАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Полуянович Н.К., Дубяго М.Н.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, РФ
nik1-58@mail.ru

Введение. Силовые кабельные линии (СКЛ) являются одним из основных элементов электрических сетей систем электроснабжения и во многом определяют их перспективное развитие. Главной задачей эксплуатационного персонала является контроль и поддержание электроизоляционных свойств изоляции на уровне, исключающем её аварийный выход из строя [3]. Решение данной проблемы невозможно без представления о физических процессах и факторах, вызывающих старение изоляционных материалах (ИМ). Принято считать, что частичные разряды (ЧР) являются главной причиной старения изоляции, особенно выполненной из органических материалов [3]. Предметом исследования являются изоляционные материалы СКЛ, определяющих режимные параметры и пропускную способность систем передачи и распределения электроэнергии.

Диагностика по ЧР. Разрушающее действие ЧР на диэлектрические материалы обуславливается: воздействием излучения, возникающего в

процессе развития ЧР; воздействием химически активных продуктов (озон, окислы азота и др.), образующихся в воздухе (газах) во включении при наличии ЧР; развитием древовидных побегов (дендритов); тепловым воздействием. Эффективным методом диагностирования электрооборудования под рабочим напряжением является метод диагностики по ЧР, позволяющий выявлять быстроразвивающиеся локальные дефекты. На основании полученных формул [3] составлена математическая модель развития ЧР и формирования теплового пробоя (1):

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{\text{ЧР}} = \frac{U_{\text{в.пр}} \varepsilon_{\text{П}} h}{\delta K_{\text{Н}} \varepsilon_{\text{В}} \sqrt{2}} \\ U_{\text{В}} = U_{\text{П}} \cdot h_{\text{В}} / h, \\ q_{\text{ЧР}} = q / \left(1 + \frac{\varepsilon_{\text{В}}}{\varepsilon_{\text{П}}} \left(1 - \frac{h_{\text{В}}}{h} \right) \right), \\ W_{\text{ЧР}} = q_{\text{ЧР}} U_{\text{ЧР}} (1 + \eta) / \sqrt{2}, \\ Q_{\text{oi}} = \Delta U_{i,\text{раб}}^2 \omega C_{it} g \delta_i / l_i. \end{array} \right. \quad (1)$$

Разработана «Методика оценки технического состояния СКЛ по результатам диагностического обследования щадящими и неразрушающими методами» [3] с критериями оценки: напряжение возникновения ЧР $U_{\text{В}}$; уровень ЧР q ; коэффициент старения $P_{\text{СТ}}$; коэффициент нелинейности $Q_{\text{С}}$, а также частота ЧР и их интенсивность. Падение напряжения на воздушном включении толщиной $h_{\text{В}} \ll h$ (толщина изоляции) составляет [3]:

$$U_{\text{В}} = U_{\text{м}} \frac{\varepsilon h_{\text{В}}}{h + (\varepsilon - 1) h_{\text{В}}}. \quad (2)$$

Если падение напряжения на включении достигнет пробивного напряжения воздуха $U_{\text{В.пр.}} (h_{\text{В}})$ в соответствии с законом Пашена, то воздушное включение пробьется. Между кажущимся зарядом ЧР во включении и его разрядной площадью получена функциональная связь, выраженная через размеры включения:

$$q_{\text{ЧР}} = U_{\text{В.пр.}} \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S_{\text{В}}}{h - h_{\text{В}}}. \quad (3)$$

На основании формулы (3) амплитуда кажущегося заряда $q_{\text{ЧР}}$ дает возможность определить разрядную площадь ЧР, а напряжение зажигания $U_{\text{В}}$ (2) – толщину включений. Таким образом, все геометрические характеристики включений становятся известными. Если принять, что включение в форме эллипса, то выражение (3) можно записать в виде

$$q_{\text{ЧР}} = \frac{2U_{\text{В.пр.}} \varepsilon \varepsilon_0 \pi b^2}{h - 2b}, \quad (4)$$

где a, b – геометрические параметры эллипсообразного включения.

Тогда для нахождения размера включения решается квадратное уравнение

$$2U_{в.пр.} \varepsilon \varepsilon_0 \pi b^2 + 2bq_{чр} - q_{чр}h = 0. \quad (5)$$

С помощью данных критериев (напряжения возникновения ЧР, уровня ЧР, коэффициента старения; коэффициента нелинейности) стало возможным быстро и детально определять и достаточно точно прогнозировать, в период какого времени в скрытых включениях произойдет пробой. Таким образом, все геометрические характеристики включений становятся известными.

Экспериментальные исследования. Эксперимент проводился аппаратурой OWTS по всем фазам КЛ длиной 590 м, которая находилась под напряжением 6 кВ с 1983 года. Рассматриваемый участок энергосети состоит из пяти секций, соединенных между собой муфтами. Обнаруженные источники ЧР, рисунок, свидетельствуют о наличии включений в ИМ кабельной линии электрической сети. Исследование показало, что на отметке 332 м, 460 м по всем фазам (L1, L2, L3) и концевым заделкам с обеих сторон зафиксирована повышенная интенсивность ЧР. Так как места обнаружения ЧР совпадают с расположением муфт, причина появления такого включения может быть связана с нарушением технологии монтажа этих муфт.

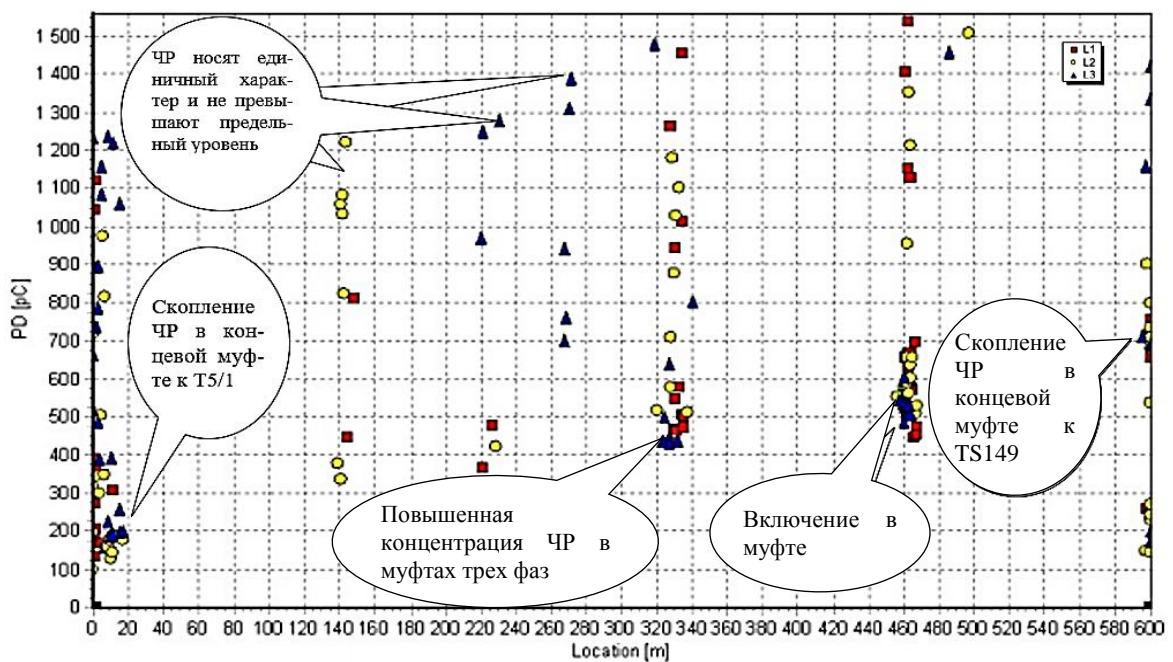


Рис. 1. Карта распределения и интенсивности ЧР в изоляции КЛ

Заключение. Показано, что система диагностики по ЧР с использованием комплекса характеристик включений ЧР (S_B , $q_{чр}$, h_B) количеством выделяемого тепла (Q) и напряжением зажигания (U_B), получаемых разработанным программным обеспечением, является эффективной как для оценки текущего состояния изоляции, так и для прогнозирования ее остаточного ресурса. Обнаруженные источники ЧР свидетельствуют о наличии включений в изоляции кабеля. Приведена

методика диагностирования ИМ КЛ в условиях эксплуатации. Анализ полученных результатов показал, что измерение параметров ЧР позволяет в комплексе оценивать воздействие на электроизоляцию КЛ различных факторов и определять степень её деградации. ЧР являются мерой степени электрического старения.

Список литературы

1. Khaitan et al., «Design Techniques and Applications of Cyber Physical Systems: A Survey», IEEE Systems Journal, 2014.
2. Ильченко Н.С., Кириленко В.М. Полимерные диэлектрики. Техника, 1977, 160 с.
3. Дубяго М.Н., Полуянович Н.К. Совершенствование методов диагностики и прогнозирования электроизоляционных материалов систем энергоснабжения. Монография // М. Н. Дубяго, Н. К. Полуянович; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2019. – 192 с. ISBN:978-5-9275-3374-9.
4. Ильченко Н.С., Кириленко В.М. Полимерные диэлектрики. Техника, 1977, 160 с.
5. Полуянович Н.К., Дубяго М.Н. Прогнозирование ресурса кабельных линий с использованием метода искусственных нейронных сетей. Известия ЮФУ. Технические науки. – 2019. № 3 (205). – С. 51-62. DOI: 10.23683/2311-3103-2019-3-51-62.

УДК 621.3.08

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОТЕНЦИАЛА И ДРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЭЛЕКТРИКОВ

Пщелко Н.С., д-р техн. наук, доц,
Цыганов А.Б., канд. физ.-мат. наук, *Пщелко О.С.*
ФГКВООУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза
С.М. Буденного», г. Санкт-Петербург, РФ
nikolsp@mail.ru

Контроль качества применяемых в металлодиэлектрических структурах (например, в конденсаторах) высокоомных материалов является актуальной задачей. В зависимости от назначения этих структур в качестве контролируемых могут выступать электрофизические параметры материала – диэлектрическая проницаемость, удельное сопротивление, а в случае использования электретов, например, в электретных микрофонах – прежде всего поверхностный потенциал диэлектрика и др. Большой интерес также представляют структурные и механические характеристики (наличие механических дефектов, фазовая неоднородность и др.), которые косвенно могут быть обнаружены по результатам электрических измерений. Выявление потенциально опасных аномалий на стадии контроля исходных материалов позволяет повысить качество производимых изделий [1-4].

Ранее нами уже было рассмотрено измерительное устройство на основе полевого транзистора, предназначенное для измерения в постоянном электрическом поле значений сопротивления и емкости высокоомных материалов [1]. Его работа основана 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 с исключительно малым током утечки (менее 0,001 нА) по входу.

Было показано, что 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.

В настоящей работе разработано устройство на основе полевого МДП-транзистора со встроенным каналом, включенного по мостовой схеме. Устройство позволяет измерять поверхностный потенциал (заряд) электретов, применение которых давно вышло за рамки использования только в электретных микрофонах, а также заряд любого другого происхождения, образовавшийся на поверхности или в объеме диэлектрика (например, из-за трения) (рис.).

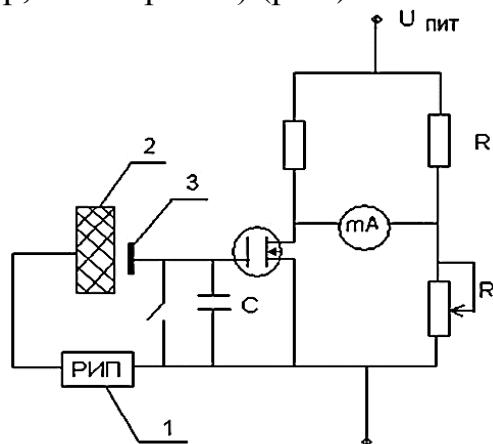


Рис. 1 – регулируемый источник питания, 2 – электризованный диэлектрик, 3 – измерительный электрод полевого транзистора

Электризованный диэлектрик 2 в представленной схеме оказывается, фактически, соединен последовательно через воздушный зазор с затвором 3 полевого транзистора. Поскольку сопротивления рассматриваемых диэлектрических слоев и входное сопротивление транзистора весьма велики, то переходный процесс, как следует из (1), оказывается очень долгим и при небольшом времени измерения (обычно это единицы-десятки секунд) процесс можно считать квазистационарным. Это позволяет измерять заряд, накопленный в диэлектрике (например, в электрете) по величине создаваемого им электростатического поля.

Принцип работы схемы заключается в следующем. Под действием электрического поля электризованного диэлектрика, подносимого к затвору полевого транзистора изменяется потенциал затвора и, следовательно, сопротивление исток-сток транзистора, включенного в качестве одного из плеч моста Уитстона. В результате в диагонали предварительно уравновешенного моста появляется электрический сигнал. Подавая на компенсирующий электрод с помощью регулируемого источника питания (РИП) компенсирующий потенциал соответствующей полярности и измеряя поданное напряжение, можно скомпенсировать разбаланс моста и по значению поданного напряжения получить величину и знак поверхностного потенциала диэлектрика: поданное напряжение будет равно по модулю и противоположно по знаку поверхностному потенциалу диэлектрика.

Электризуя диэлектрик и затем контролируя спад поверхностного потенциала во времени, можно установить корреляционные зависимости между характером спада и неэлектрическими характеристиками материала, например, наличием в нем тех или иных дефектов.

Таким образом, использование правильно подобранного полевого транзистора позволяет определять целый комплекс электрофизических низкочастотных характеристик диэлектриков.

Список литературы

1. Пщелко Н.С. Измерение сопротивления и диэлектрической проницаемости высокоомных материалов в постоянном электрическом поле. Тезисы докладов VII международной научной конференции «Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности». -27–28 октября 2022 года, г. Донецк. С. 31-33
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., Ханин С.Д., Немов С.А. Физические основы методов диагностики и управления свойствами металлодиэлектрических структур оксидных конденсаторов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. «Информатика, телекоммуникации, управление». – 2011 г. – №1. – С.167 – 172.

4. Пщелко Н.С., Мустафаев А.С. Использование полевых транзисторов для контроля характеристик диэлектриков // Записки Горного института. – 2010. – Т. 187. – С. 125-131.
5. Программа для определения диэлектрической проницаемости и удельного сопротивления высокоомных материалов / Акчурин Т.Р., Пщелко Н.С., Водкайло Е.Г. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015661225. Опубл.20.11.2015.

УДК 621.29

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ДАТЧИКАХ МЕМБРАННОГО ТИПА

Пщелко Н.С., д-р техн. наук, доц.,
Цыганов А.Б., канд. физ.-мат. наук, *Пщелко О.С.*
ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала Советского Союза
С.М. Буденного», г. Санкт-Петербург, РФ
nikolsp@mail.ru

Датчики различного назначения и принципа действия используются абсолютно во всех областях науки и техники. Одним из распространенных типов датчиков являются датчики мембранного типа. Они широко распространены как в виде чувствительных элементов (сенсоров) так и в виде исполнительных устройств (активаторов) [1]. Это обусловлено их достоинствами, в частности, низкой стоимостью и высокой чувствительностью. Типичным представителем рассматриваемых устройств является электретный микрофон, капсуль которого показан на рис. 1. Работа этого микрофона основана на изменении положения мембраны под действием внешнего звука и, как следствие, напряженности электрического поля в рабочем воздушном зазоре d_1 . При этом появляется ток смещения, создающий падение напряжения U на выходе.

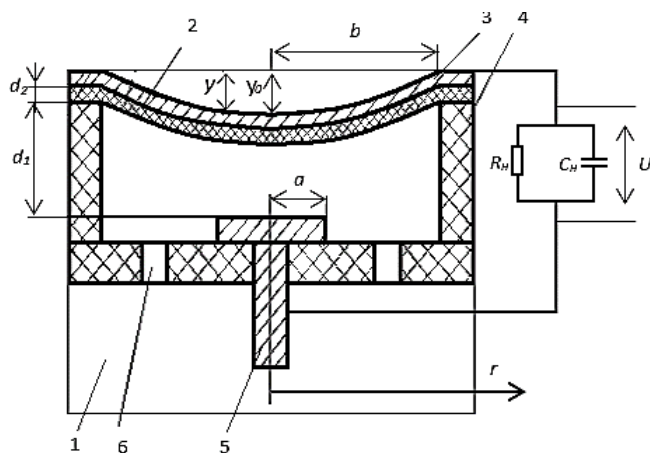


Рис. 1. Капсуль электретного микрофона

a – радиус противоэлектрода, b – радиус мембраны, d_1 – толщина прокладки, обеспечивающей воздушный зазор между мембраной и противоэлектродом, d_2 – толщина мембраны (электрета), y_0 – прогиб мембраны в ее центре, y – прогиб мембраны на расстоянии r от центра мембраны, 1 – воздушная полость, 2 – полимерный пленочный электрет, выполняющий также функции подвижной мембраны, 3 – слой металлизации, 4 – диэлектрическая прокладка для обеспечения воздушного зазора, 5 – противоэлектрод, 6 – отверстия для сообщения с воздушной полостью.

К выходу микрофона подключают предусилитель с большим входным сопротивлением R_n и малой емкостью C_n

Электрическое поле, получаемое, в том числе, и в связи с применением электретов, можно использовать не только для генерации электрического сигнала, но в качестве источника силы [2]. В этой связи в настоящей работе был разработан и исследован электростатический дифференциальный датчик перепада давлений мембранного типа, рис. 2.

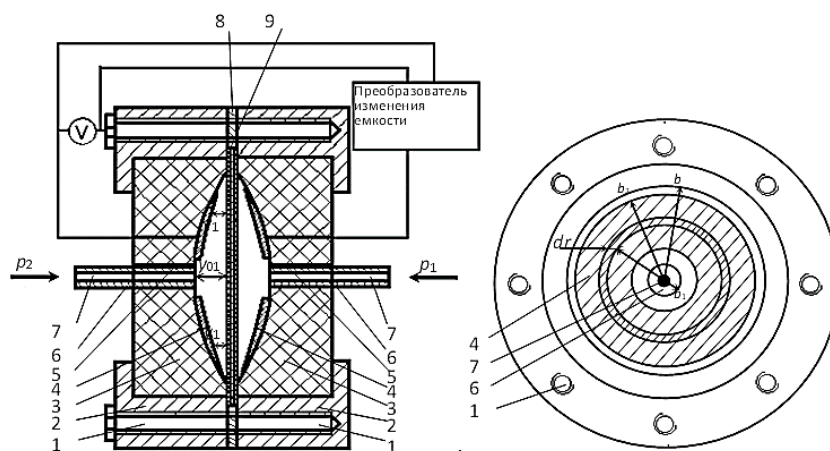


Рис. 2. Емкостной датчик перепада давлений с силовой электростатической компенсацией

y_{01} – расстояние между центром мембраны и тянущим противоэлектродом, y_1 – расстояние между мембраной и тянущим противоэлектродом на расстоянии r от ее центра, b – радиус мембраны, b_1 – внутренний радиус тянущего противоэлектрода, b_2 – внешний радиус тянущего противоэлектрода, r – текущая координата, отсчитываемая от центра мембраны, dr – приращение текущей координаты, 1- стягивающие шпильки, 2- металлические полукольца, скрепляющие левую и правую половины датчика, а также осуществляющие гальванический контакт с мембраной, 3- диэлектрические основания, 4- электроды (напыленный металлический слой), 5- герметизирующий материал, 6- пневматические вводы, 7- отверстия в пневматических вводах, 8- металлическая мембрана (алюминий), 9- диэлектрический слой (оксид алюминия).

Принцип его работы основан на изменении положения мембраны под действием перепада пневматических давлений и, как следствие, изменении значений емкостей, образуемых мембраной с электродами, между которыми она находится. Таким образом, мембрана играет роль одной из обкладок конденсатора. Показанная на рис. 2 конструкция позволяет фиксировать очень незначительные изменения давления (единицы Па) на фоне большого давления (например, сотни МПа). Это достигается благодаря использованию пондеромоторных сил электрического поля и применению принципа обратной связи: допустим,

давления p_1 и p_2 примерно составляют 100 МПа, но p_1 меньше p_2 всего на 1 Па. Тогда под действием разности давлений статически почти не напряженная (вялая) мембрана начнет перемещаться вправо (рис. 2), что приведет к изменению емкости, образуемой мембраной 2 с правым электродом 4. Регистрируемое изменение емкости преобразуется специальным электронным устройством в электрическое напряжение, подаваемое на левый электрод 4. Возникающее в левой половине конструкции электрическое поле приведет к появлению пондеромоторных сил, смещающих мембрану влево до тех пор, пока емкость его правой половины не примет исходного значения. Таким образом, мембрана будет оставаться, практически, неподвижной и в ней не будет возникать упругих сил. Это позволяет предположить, что данная конструкция будет обладать высокой надежностью, т.к. изменение параметров мембраны не должно существенно сказываться на ее работе. Об измеряемой разности давлений можно судить по показаниям вольтметра.

В работе были получены выражения для количественных характеристик рассматриваемых устройств [2,3]. Для экспериментальной отработки этих конструкций использовалась предложенная нами ранее методика вольт-фарадных характеристик для неразрушающего контроля их параметров [4,5] – толщины электрета или диэлектрического слоя d_2 , величины зазора d_1 (на рис. 1) или y_0 (на рис.2) , прогиба мембраны, электретного поверхностного потенциала $U_э$ и натяжения мембраны τ .

Таким образом, разработанные конструкции, в сочетании с методом их неразрушающего контроля представляются перспективными для широкого круга приложений.

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., Буевич В.В. Использование электрического поля для получения и неразрушающего контроля емкостных сенсоров и активаторов // Записки Горного института.- 2010, Т.186.- С.253-256.
3. Пщелко Н.С., Козодаев Д.А. Оптимизация параметров электретных микрофонов // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». С-Пб., 1997. Вып. 504. С. 87-92.
4. Патент РФ №2132116 Н04R29/00.- Способ определения качества электретных электроакустических преобразователей и устройство для его реализации.- Баталов Ф.И., Пщелко Н.С., Ястребов А.С. – Решение о выдаче патента на изобретение от 11.01.1999 по заявке №97111008/28 от 02.07.1997.- Оpubл. в Бюллетене Изобретений №17, Ч.2.- 1999
5. Программа для контроля параметров емкостных структур методом вольт-фарадных характеристик / Акчурин Т.Р., Пщелко Н.С., Водкайло Е.Г. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016610272. Дата публикации: 20.02.2016

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАДИОМОНИТОИНГА ЗА СЧЁТ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО МАСШТАБИРОВАНИЯ SDR СИСТЕМ

Рушечников Я.И.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
ya.rushechnikov@donnu.ru

Введение. Радиомониторинг в условиях современной сложной электромагнитной обстановки позволяет не только оценивать характеристики средств связи и беспроводных стандартов, но и решать специфические задачи информационной безопасности по контролю за окружающей радиообстановкой [1].

Основные проблемы данной прикладной инженерной области базируются на характеристиках аппаратных систем, а также механизмах программной обработки информации о текущей радиообстановке [2].

Цель данной работы состоит в исследовании возможностей повышения характеристик радиосистемы за счёт горизонтального масштабирования её функциональных компонентов. Повышение характеристик должно привести к расширению качественных возможностей по решению прикладных задач радиомониторинга.

Основная часть. Под масштабированием [3] в широком смысле понимают действия, направленные на повышение способности информационной системы справляться с более объёмными задачами. В силу специфики оборудования для автоматизированного радиомониторинга определяется и класс задач, ширину решения которых можно повысить путём масштабирования. К таким задачам можно отнести следующие:

1. расширение ширины панорамного обзора принимающей системы
2. возможность системы работать на двух не граничащих с собой диапазонах частот
3. возможность синхронной работы нескольких приёмных систем на одинаковых частотных диапазонах.

Рассматривая виды масштабирования информационных систем, к которой является и автоматизированная система радиомониторинга, можно прийти к выводу, что повышение характеристик возможно лишь при горизонтальном масштабировании, так как вертикальное масштабирование подразумевает качественное изменение радиосистемы, что не всегда является возможным. Кроме того, возможность горизонтального масштабирования хоть и не предусмотрена многими производителями SDR систем, но всё-же возможна за счёт синхронизации независимых приёмников [4].

Для объединения двух или более приёмников в одну информационную систему под общим управлением необходимо следующее:

1. Обеспечить многоступенчатую синхронизацию компонентов как за счёт общей линии тактирования, так и за счёт модельного сигнала с заданными характеристиками на которые N компонентов системы будут одинаково реагировать.

2. Обеспечить единство конфигурирования N компонентов, так как от этого зависит коррелированность полученных данных о радиообстановке.

Результат. Представленные выше рекомендации было принято использовать для горизонтального масштабирования радиосистемы на базе приёмного оборудования RTL-SDR, что позволило несколько расширить одну из базовых характеристик приёмника, а именно ширину панорамного обзора, которая по умолчанию составляет порядка 2 МГц. Удвоение ширины панорамного обзора позволяет повысить текущую осведомлённость об окружающей картине радиомониторинга.

Заключение. Подход реализации горизонтального масштабирования компонент систем автоматизированного радиомониторинга позволяет без высоких затрат повысить качественные характеристики радиосистемы а также расширить список решаемых с её помощью задач. Несмотря на проблемы, связанные с необходимостью многоступенчатой синхронизации частей систем и невозможностью до бесконечности наращивать количество компонент, а также усложнённую программную обработку данных, предложенный способ является наиболее применимым, и не требующим больших капитальных вложений.

Исследование проводилось в рамках научно-исследовательской работы «Исследование природы каналов побочных электромагнитных излучений и наводок элементов и устройств офисной вычислительной техники» (шифр FRRE-2023-0024, регистрационный номер 1023031300014-2-2.2.1).

Список литературы

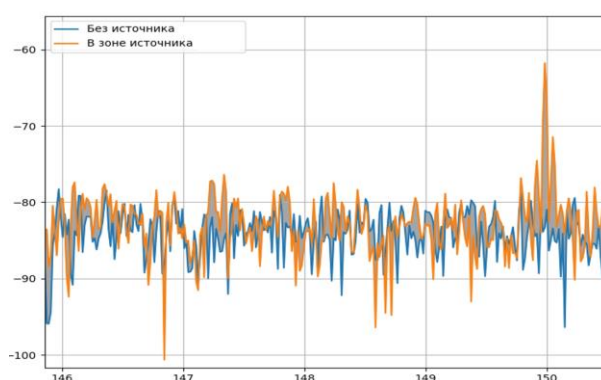
1. Третьяков, И. А. Элементы устройств вычислительной техники для АСНИ контроля радиообстановки на основе эхо-эффекта / И. А. Третьяков, В. В. Данилов, С. В. Борщевский // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. – 2023. – № 1. – С. 34-39. – EDN CADMAM.
2. Третьяков, И. А. Проблемы информационной безопасности электромагнитных излучений и наводок в средствах вычислительной техники / И. А. Третьяков, Я. И. Рушечников // Информационные системы и технологии : материалы междунар. науч. конгресса по информатике. В 3 ч. (Беларусь, Минск, 27–28 октября 2022 г.). – Ч. 1. – Минск: БГУ, 2022. – С. 108-112. – EDN GTKGIM.
3. Making multiple channels receiver from cheap RTL-SDR dongles – URL: <https://ptrkrysik.github.io/> (дата обращения: 02.10.2023)
4. Rtl_coherent: Synchronized RTL-SDR receivers – URL: https://github.com/tejeez/rtl_coherent (дата обращения: 03.10.2023)

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПЭМИН УСТРОЙСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

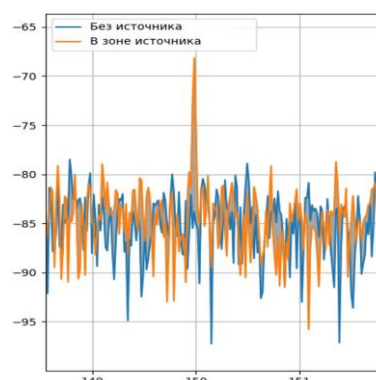
Рушечников Я.И., Третьяков И.А., канд. техн. наук,
Данилов В.В., д-р техн. наук, проф.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
ya.rushechnikov@donnu.ru

Введение. Исследование побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН) в настоящее время является актуальной научно-технической задачей в области компьютерных и информационных наук, в частности в области информационной безопасности [1, 2]. Современные технологии и устройства, такие как элементы и устройства вычислительной техники, создают магнитные поля и побочные излучения, которые могут оказывать влияние на работу других устройств, передачу информации и даже на здоровье человека [3]. Изучение этих электромагнитных явлений позволяет лучше понять природу их возникновения, их виды и возможные последствия, а также позволит разработать эффективные меры по предотвращению возможных проблем, связанных с побочными электромагнитными излучениями и наводками, обеспечить безопасность и надежность работы компьютерных и автоматизированных информационных систем. В данной работе рассмотрено исследование наличия ПЭМИН в бытовой электрической сети и проведен корреляционный анализ полученных данных.

Основная часть. Процедура регистрации и измерения ПЭМИН в бытовой электрической сети проводилась по алгоритму, подробно описанному в [4], с применением разработанного интерфейсного адаптера [5]. На рисунке показан результат измерения ПЭМИН на частоте 150 МГц.



а) без интерфейсного адаптера



б) с интерфейсным адаптером

Рис. Результаты измерения ПЭМИН на частоте 150 МГц

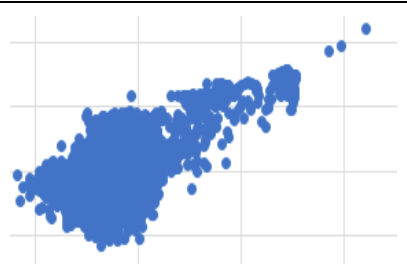
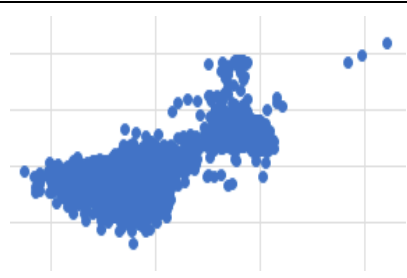
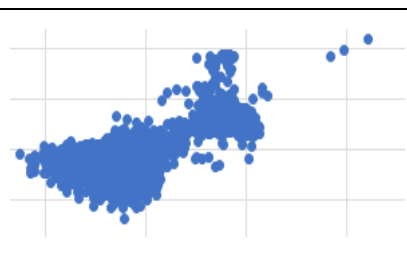
Корреляционный анализ полученных массивов проводился в программе Microsoft Excel, благодаря наличию в используемом алгоритме механизма экспорта информации об измерениях ПЭМИН. В качестве механизма оценки применяется коэффициент корреляции Пирсона:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2}}$$

где x , y – значения переменных; \bar{x} , \bar{y} – выборочные средние по массивам данных. Результаты расчётов представлены в таблице.

Таблица

Результаты корреляционного анализа

№	Описание эксперимента	Коэффициент корреляции	Диаграмма рассеяния
1	Приём без интерфейсного адаптера. Корреляция при включенном и выключенном источнике исследуемого излучения.	0,4812	
2	Приём на интерфейсный адаптер. Корреляция при включенном и выключенном источнике исследуемого излучения.	0,3709	
3	Корреляция массивов приема на штыревую антенну (без адаптера) и на интерфейсный адаптер. В обоих случаях источник исследуемого излучения включен.	0,4022	

Объем массива данных для анализа составил 24253 записи. Результаты анализа показали, что во всех случаях имеет место слабая положительная корреляция, причем анализ первых двух случаев показывает, что большая величина коэффициента корреляции обратно пропорциональна относительному объему исследуемого излучения,

попадающего в выборку. При анализе более узких полос приёма сигналов коэффициент корреляции уменьшается пропорционально объему исследуемого излучения.

Заключение. Таким образом, в работе проведено исследование возможностей проникновения побочных электромагнитных излучений и наводок, создаваемых вычислительной техникой в бытовые электрические сети общего пользования. Исследуемые ПЭМИН регистрировались посредством разработанного интерфейсного адаптера и без него. Проведен корреляционный анализ полученных массивов данных.

Исследование проводилось в рамках научно-исследовательской работы «Исследование природы каналов побочных электромагнитных излучений и наводок элементов и устройств офисной вычислительной техники» (шифр FRRE-2023-0024, регистрационный номер 1023031300014-2-2.2.1).

Список литературы

1. Foziljonov, Kh. I. Active methods and means of information protection against leakage through channels of side electromagnetic radiation and interference / Kh. I. Foziljonov, I. R. Faziljanov // Science and innovation. – 2023. – V. 2. – №A4. – P. 46-52. – DOI 10.5281/zenodo.7818479.
2. Jovanovic, S. V. Security of wireless keyboards: threats, vulnerabilities and countermeasures / S. V. Jovanovic, D. D. Protic, V. D. Antic et al. // Vojnotehnicki glasnik. – 2023. – V. 71. – №2. – P. 296-315. – DOI 10.5937/vojtehg71-43239.
3. Исследование спектров электромагнитного излучения элементов и устройств вычислительной техники / И. А. Третьяков, Я. И. Рушечников, В. В. Данилов [и др.] // Информатика, управляющие системы, математическое и компьютерное моделирование (ИУСМКМ-2023): сборник трудов XIV Международной научно-технической конференции в рамках IX Международного Научного форума Донецкой Народной Республики (Донецк, 24–25 мая 2023 г.). – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2023. – С. 308-311.
4. Третьяков, И. А. Алгоритм исследования ПЭМИН устройств вычислительной техники в бытовой электрической сети / И. А. Третьяков, Я. И. Рушечников, В. В. Данилов // Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых: сборник научных трудов XXIII международной научно-технической конференции аспирантов и студентов (Донецк, 23-25 мая 2023 г.). – Донецк: ДОННТУ, 2023. – С. 148-150.
5. Рушечников, Я. И. Программно-аппаратное обеспечение исследования электромагнитных излучений, создаваемых вычислительной техникой, в бытовой электрической сети / Я. И. Рушечников, А. В. Яновский, И. А. Третьяков // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: управление, вычислительная техника и информатика. – 2023. – № 2. – С. 75-84. – DOI 10.24143/2072-9502-2023-2-75-84. – EDN LAFDGM.

АНТЕННАЯ РЕШЕТКА НА ОСНОВЕ МИКРОПОЛОСКОВЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

Смирнова М.М., Цыренова Н.Б., Север Д.С., Дронин Я.С.

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, РФ
smirnova.mmi@dyfu.ru

Микрополосковые антенны (МПА) отличаются большим разнообразием конструкций и пригодны для применений в качестве как самостоятельных антенн, так и элементов антенных решеток. Работают в диапазоне частот от 300 МГц до 300 ГГц. Они широко применяются для гражданских и военных приложений, таких как сетях пятого поколения связи (5G), радиочастотная идентификация (RFID), широковещательное радио, системы глобального спутникового позиционирования (GPS), технология ММО и так далее [1].

Численное электродинамическое моделирование исследуемой антенной решетки на основе микрополосковых излучателей 4x4 (рис.) будет осуществляться в программной среде ANSYS HFSS. [2]

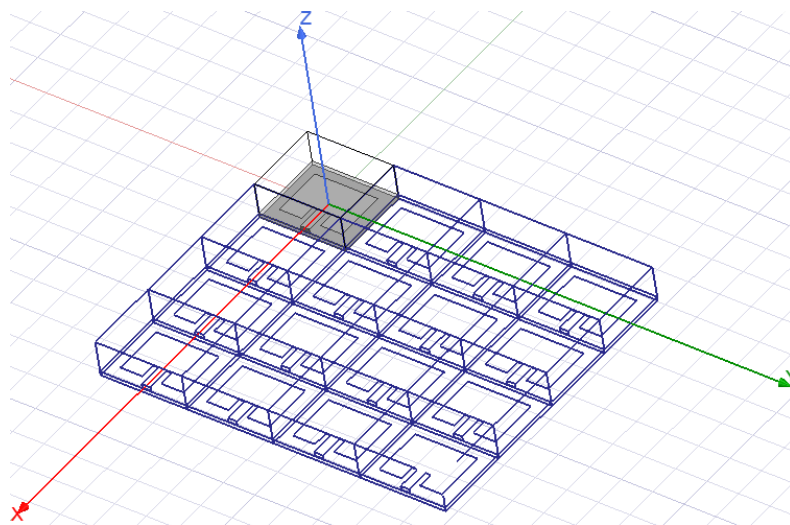


Рис. Конструкция антенной решетки размером 4x4

Подобная АР с шестнадцатью элементами обеспечивает высокие усиление и направленность для преодоления различных препятствий и затухания в атмосферных условиях на сверхвысоких частотах сетей 5G. [3] Материал подложки имеет относительную диэлектрическую проницаемость 3,66. В качестве материала излучающего патча выбирается медь [4] толщиной 1,3 мкм.

Для сравнения было произведено моделирование одиночного микрополоскового излучателя [5]. Результаты анализа параметров

одиночной микрополосковой антенны и антенной решетки размером 4x4 приведены в таблице.

Таблица

Сравнительная таблица параметров антенной решетки размером 4x4 и микрополосковой антенн

	Антенная решетка 4x4	Одиночная МПА
Полоса рабочих частот, МГц	776,4	690
Частота резонанса, ГГц	23,36	24,24
КНД, дБ	15,422	2,9286
КУ, дБ	14,532	2,364
КПД	0,815	0,878
Ширина ДН по уровню 3 дБ	28°	93,6°

Смоделированная АР размером 4x4 позволяет достичь полосы рабочих частот более 750 МГц, что даст возможность обеспечивать высокую скорость передачи данных. Также данная конструкция обладает хорошим коэффициентом усиления около 14,5 дБ, это поможет значительно ослабить затухание волн при распространении в земной атмосфере. Также АР обеспечивает высокие показатели КНД и КПД, а ее ДН получается четырехнаправленной с узкой шириной главного лепестка. На основе данной микрополосковой антенной решетки может быть спроектирована фазированная антенная решетка с системой управления на основе нейросетевых алгоритмов [6] для контроля состояния электромагнитной экологии.

Данная работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России в сфере научной деятельности по проекту № FZNS-2023-0008.

Список литературы

1. Patel V.D. Microstrip Patch Antenna – A Historical Perspective of the Development // Conference on Advances in Communication and Control Systems 2013 (CAC2S 2013) / India, 2013, pp. 445–449.
2. Банков, С. Е. Анализ и оптимизация СВЧ-структур с помощью HFSS / С. Е. Банков, А. А. Курушин, В. Д. Разевиг. – М. : СОЛОН-Пресс, 2017. – 216 с.
3. Arizaca-Cusicuna N.D., Arizaca-Cusicuna L.J. High Gain 4x4 Rectangular Patch Antenna Array at 28GHz for Future 5G Applications // IEEEIC 2018 / Palermo, Italy, 2018, 4 p.
4. Бахарев С.И., Вольман В.И. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств / под ред. В.И. Вольмана. – М.: Радио и связь, 1992. – 326 с.
5. Research of a fractal microstrip antenna based on the modified Minkowski curve of the second iteration / Smirnova M.M., Statsenko L.G., Mirgorodskaya Y.V., Bernavskaya M.V., Klescheva N.A. // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Сер. "International Conference on Automatics and Energy, ICAE 2021" 2021. – С. 012208.
6. Шилов А.А., Белоусов О.А. Интеллектуальная система управления фазированными антенными решетками КВ-диапазона / Информационные процессы и управление. – 2008. – № 3–4 – С. 47-60.

О СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДАХ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ КАК СРЕДСТВ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Тарасов Д.П. канд. физ.-мат. наук, доц., **Ерченко Е.М.**

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

Современное техническое образование подразумевает владение определёнными технологиями, как создания материалов, так и поддержания на необходимом уровне их эксплуатационных свойств. При этом контроль процессов трансформации свойств объектов во времени в зависимости от параметров внешних воздействий –отдельная актуальная задача. Именно поэтому, уже в университетских курсах должны быть рассмотрены такие современные методы контроля свойств материалов, как методы акустомикроскопической дефектоскопии АМД-методы и сочетающиеся с ними информационные технологии.

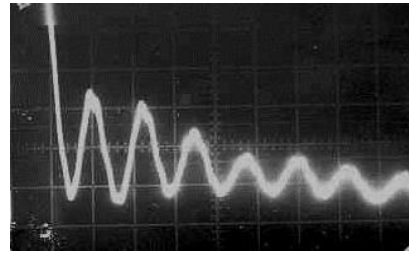
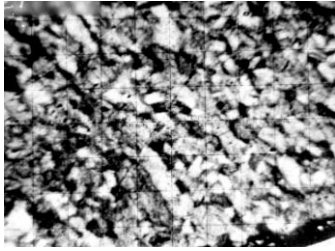
Внедрение таких инновационных образовательных технологий было произведено на примере дисциплины «Материаловедение». Стали – наиболее широко распространённые металлические материалы. Улучшение их структуры и свойств обеспечивается различными видами химико-термической обработки. Контроль результатов такой обработки может быть осуществлён с помощью АМД-методов.

Наиболее широко распространёнными на сегодня АМД-методами являются метод акустической визуализации и метод измерения акустических характеристик по интерференционным зависимостям АВ называемым V(Z)-кривые [1]. Первый способ обеспечивает получение акустических изображений структуры материала, в том числе подповерхностных, без какого-либо дополнительного травления поверхности. Второй метод основан на получении V(Z)-кривой и измерении на ней характерного расстояния ΔZ_N , по значению которого рассчитывается величина скорости v_R поверхностных акустических волн (ПАВ) (см. 1 и 2, где v_l – скорость АВ в иммерсионной жидкости, f – рабочая частота).

На рис.1 представлены результаты акустической визуализации структуры стали (а) и характерная V(Z)-кривая (б).

Измерив расстояние ΔZ_N рассчитывают значения скоростей ПАВ в материале объектов.

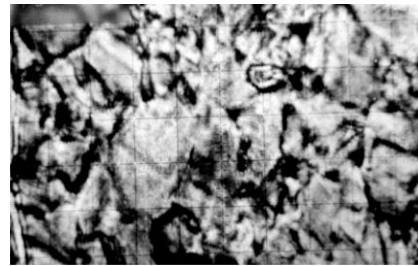
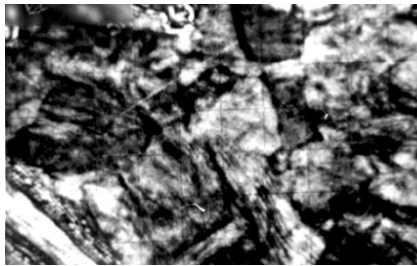
$$\Delta Z_N = \frac{v_l}{2 \cdot f} \cdot \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{v_l}{v_R} \right)^2} \right]^{-1} \quad (1) \quad v_R = v_l \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{v_l}{2 \cdot f \cdot \Delta Z_N} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$



а) акустическое изображение структуры мартенситной стали (ст.10X12H2BMФ, Нг, масштаб: 20 мкм/дел., $Z = - 17$ мкм); б) пример $V(Z)$ – кривой стали 10X12H2BMФ (H_2O , масштаб по горизонтали: 14 мкм/дел., по вертикали: 0,25 В/дел., $\Delta Z_N = 17,4$ мкм).

Рис. 1. Акустическое изображение структуры стали и пример $V(Z)$ кривой.

В результате деформационного воздействия на стали они меняют характер структуры (рис. 2).



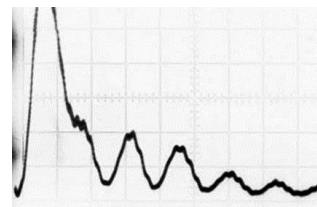
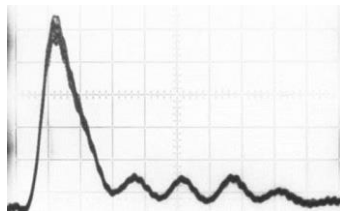
а) 5% деформация; шлиф параллелен плоскости прокатки; б) 50% деформация;шлиф перпендикулярен плоскости прокатки; $Z = -10$ мкм, масштаб 50 мкм/дел.).

Рис. 2. Акустомикроскопическая визуализация структуры стали с различной степенью деформации

По размеру зерна материала при этом рассчитывается такая важная его характеристика как предел текучести (закон Холла-Петча):

$$\sigma_{0,2} = \sigma_0 + kd_3^{-1/2} \quad (3)$$

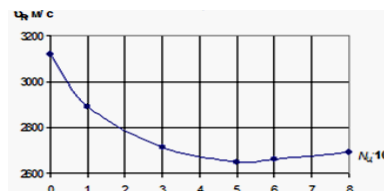
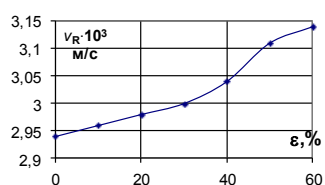
где $\sigma_{0,2}$ – условный предел текучести металла, σ_0 и k – константы для данного материала, d_3 – размер зерна структуры. При этом меняется и вид интерференционной $V(Z)$ -кривой (рис. 3).



а) 5% деформация; шлиф параллелен плоскости прокатки; масштаб по горизонтали: 10,6 мкм/дел, $\Delta Z_N = 13,74$, $v_R = 2,98 \cdot 10^3$ м/с; б) 50% деформация; шлиф параллелен плоскости прокатки; масштаб по горизонтали: 12,5 мкм/дел, $\Delta Z_N = 14,95$ мкм, $v_R = 3,11 \cdot 10^3$ м/с).

Рис. 3. Оценка упруго-механических параметров стали с различной степенью деформации с помощью метода $V(Z)$ – кривых (H_2O , по вертикали: 1 В/дел.)

Полученные значения акустических параметров материала (например, скорость ПАВ v_R) корреляционно связаны с параметрами внешних воздействий (рис.4). Поэтому, оценка степени деформации образца может быть проведена путем измерения v_R одним из АМД-методов (рис.4а). Еще более широкие возможности предоставляет применение АМД-методов в сочетании с информационными технологиями. В этом случае, по аналогии с зависимостью на рисунке 4а, получают экспериментальный график корреляции скорости (рис .4б) и, например, числа циклов нагрузки.



а) изменение значений скорости ПАВ в б) экспериментальная зависимость v_R стали в зависимости от степени стали 16ГС от числа (N_c) циклов нагрузки деформации;

Рис. 4. Изменение значений скорости ПАВ в зависимости от степени деформации и зависимость v_R стали от числа циклов нагрузки

Анализ использования таких инновационных методов контроля свойств материалов как АМД-методы, в сочетании с информационными технологиями безусловно позволит значительно повысить надежность эксплуатации технических устройств.

Список литературы

1. Кустов А.И., Мигель И.А., АМД-методы и проблемы исследования свойств покрытий и слоёв диэлектрической и полупроводниковых материалов // Материалы XIII Международной конференции «Физика диэлектриков» Санкт-Петербург. 2014. Т.2. СПб.: изд-во РГПУ им. А. И. Герцена. 2014. 342 с. – С. 260-263.

УДК 519.217:681.5

ВЫБОР КРИТЕРИЯ ПОДОБИЯ СКРЫТЫХ МАРКОВСКИХ МОДЕЛЕЙ В АСНИ

Третьяков И.А., канд. техн. наук,
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
i.tretiakov@mail.ru

Введение. В современном мире объемы данных, с которыми приходится работать, становятся все больше и сложнее. Для того чтобы

извлечь ценную информацию из этого огромного объема данных и понять скрытые закономерности, необходимы эффективные инструменты. Одним из таких инструментов являются скрытые марковские модели (СММ), которые широко применяются в автоматизированных системах научных исследований (АСНИ) [1, 2].

Скрытые марковские модели представляют собой статистические модели, основанные на теории марковских процессов, позволяющие моделировать системы с неявными состояниями, которые наблюдать напрямую невозможно [3].

При применении, например в АСНИ, двух и более скрытых марковских моделей остается открытым вопрос о задании оптимальной меры подобия этих моделей. Таким образом, выбор критерия подобия СММ является актуальной научно-технической задачей.

Основная часть. Рассмотрим пример с двумя СММ. Пусть заданы две модели λ_1 , и λ_2 :

$$\lambda_1 = (A_1, B_1, \pi_1), \quad (1)$$

$$\lambda_2 = (A_2, B_2, \pi_2). \quad (2)$$

Пусть параметры модели λ_1 (1) имеют вид:

$$A_1 = \begin{bmatrix} p & 1-p \\ 1-p & p \end{bmatrix},$$

$$B_1 = \begin{bmatrix} q & 1-q \\ 1-q & q \end{bmatrix},$$

$$\pi_1 = [1/2 \quad 1/2].$$

И пусть параметры модели λ_2 (2) имеют вид:

$$A_2 = \begin{bmatrix} r & 1-r \\ 1-r & r \end{bmatrix},$$

$$B_2 = \begin{bmatrix} s & 1-s \\ 1-s & s \end{bmatrix},$$

$$\pi_2 = [1/2 \quad 1/2].$$

Модель 1 будет считаться эквивалентной модели 2, когда обе они будут иметь одинаковые статистические свойства для всех символов наблюдения V , т. е.:

$$E[O_t = v_k | \lambda_1] = E[O_t = v_k | \lambda_2].$$

Для этого необходимо выполнение условия:

$$pq + (1-p)(1-q) = rs + (1-r)(1-s) \quad (3)$$

Решив это уравнение (3) относительно s , получим:

$$s = \frac{p + q - 2pq}{1 - 2r} \quad (4)$$

Произвольно зададим значения параметров моделей $p = 0,9$, $q = 0,8$, $r = 0,2$ и рассчитаем (4):

$$s = \frac{0,9 + 0,8 - 2 \cdot 0,9 \cdot 0,8}{1 - 2 \cdot 0,2} = 0,43$$

Таким образом, две модели λ_1 и λ_2 статистически могут быть эквивалентны даже когда внешне выглядят совершенно различными (т. е. по значениям A_1 сильно отличается от A_2 , а B_1 от B_2).

Аналогичным образом, меру неподобия или различия СММ можно конкретизировать, определив т. н. расстояние D между двумя моделями λ_1 , и λ_2 [4]:

$$D(\lambda_1, \lambda_2) = \frac{1}{t} \left[\log P(O^{(2)} | \lambda_1) - \log P(O^{(2)} | \lambda_2) \right], \quad (5)$$

где $O^{(2)} = O_1, O_2, \dots, O_t$ – последовательность наблюдений, порожденных моделью λ_2 .

Формально расстояние D (5) является мерой того, насколько хорошо модель λ_1 согласуется с наблюдениями O , порожденными моделью λ_2 в сравнении с тем, насколько хорошо модель λ_2 согласуется с наблюдениями O , порожденными ею самой.

Недостатком меры (5) является её несимметричность. Симметрично же данную меру можно выразить следующим образом:

$$D_s(\lambda_1, \lambda_2) = \frac{D(\lambda_1, \lambda_2) + D(\lambda_2, \lambda_1)}{2}$$

Заключение. Таким образом, в работе приведена процедура выбора меры подобия двух скрытых марковских моделей при использовании их в автоматизированных системах научных исследований.

Однако, существуют и другие различные интерпретации меры (5) в терминах взаимной энтропии, дивергенции и разделяющей информации [4, 5], что является направлением для дальнейших исследований.

Список литературы

1. Третьяков, И. А. Обоснование применения скрытых марковских моделей с функцией плотности распределения наблюдений в АСНИ / И. А. Третьяков // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. – 2023. – № 2. – С. 16-21. – EDN DOIFMY.
2. Анализ производительности и надежности технологических процессов в машиностроении на основе полумарковской модели / Ю. Л. Рапацкий, М. В. Заморенов, В. Я. Копп, Ю. Е. Обжерин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2019. – № 1(333). – С. 22-33. – EDN JCBPAD.
3. 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.
4. Juang, B. A probabilistic distance measure for hidden Markov models / B. Juang, L. R. Rabiner // AT&T Technical Journal. – 1985. – V. 64. – № 2. – P. 391-408. – DOI 10.1002/j.1538-7305.1985.tb00439.x.
5. Wu, H. Probability Distance Based Compression of Hidden Markov Models / H. Wu, F. Noe // Multiscale Modeling & Simulation. – 2010. – № 8. – P. 1838-1861. – DOI 10.1137/090774161.

УДК 65.011.56:681.5.08

АПРОБАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТА

Третьяков И.А., канд. техн. наук, *Подлесный В.Ю.*,

Тимченко В.И., канд. физ.-мат. наук, доц.,

Данилов В.В., д-р техн. наук, проф.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

i.tretiakov@mail.ru

Введение. В связи с быстрым развитием информационных технологий [1], средств автоматизации и автоматизированных систем [2-4], разработка автономной автоматизированной системы непрерывного контроля состояния объектов становится все более актуальной научно-технической задачей. Такая система объединит в себе передовые технологии и инструменты, такие как сенсоры, мониторы, сетевые соединения и алгоритмы анализа данных, для обеспечения непрерывного мониторинга и оценки состояния строительных объектов.

Основная часть. Для создания макета используется датчик изгиба [5]. Когда структура, к которой приклеен датчик изгиба, деформируется, то сопротивление датчика изменяется, что приводит к изменению выходного

напряжения. Датчик изгиба 2.2" используются для измерения смещения объектов оборудования и инструментов. Сопротивление датчика изгиба изменяется в определенном диапазоне в зависимости от степени изгиба (деформации) детали.

Принципиальная схема системы контроля деформаций показана на рисунке 1. Тензодатчик 1 приклеивается к поверхности балки 2, которая закреплена на конструкции 3. Один вывод тензодатчика подключен к источнику питания 5В, а второй вывод тензодатчика подключен к "земле" платы Arduino 5 через резистор 4. Выход тензодатчика подключен к входу А0 (или любому аналоговому входу) платы Arduino 5, который посылает сигнал на портативный компьютер 6. ПК обрабатывает программу LabVIEW.

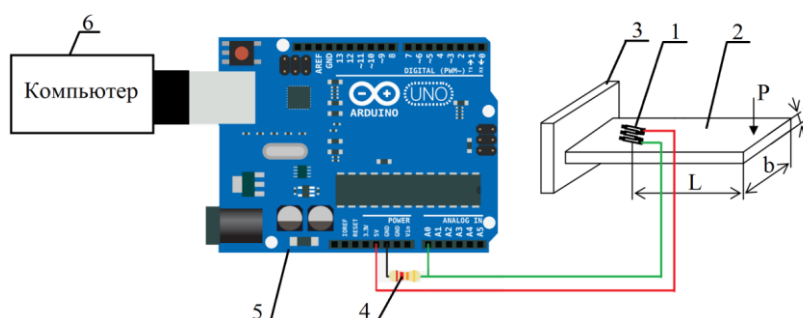


Рис. 1. Принципиальная схема системы контроля деформаций

Для экспериментальной проверки работы данной системы контроля применен макет на стальной балке, размером 120x18.6x0.53 мм. Общий вид макетного образца системы указан на рисунке 2 (1 – нагрузка, 2 – стальная балка с тензорезистором, 3 – зажим, 4 – плата Arduino, 5 – плата чугунная, 6 – портативный компьютер).

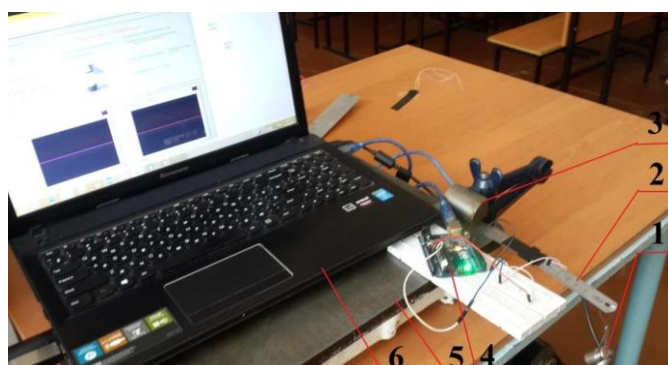


Рис. 2. Общий вид макетного образца системы контроля:

Для того, чтобы уменьшить количество ошибок, необходима калибровка датчика и фильтрация измерительного сигнала. Экспериментальный образец инерциальной системы ориентации построен на базе модуля MPU- 6050, модуля HMC5883L и Arduino Uno R3. Результаты экспериментальных исследований датчиков модуля MPU-6050 показаны на рисунке 3.



а) сигнал акселерометра



б) сигнал гироскопа

Рис. 3. Результаты исследований модуля MPU-6050

В ходе экспериментального исследования инерциальная система ориентации была выровнена в горизонтальной плоскости: сигналы акселерометра и гироскопа с датчика MPU-6050 снимаются в общей сложности 100 раз за определенный период времени, и получены среднее значение измеренных сигналов с этих датчиков. Вычитая среднее значение измерительного сигнала из фактического значения, можно получить значение смещения нуля характеристики. Это значение является смещением нуля сигналов гироскопа и акселерометра модуля MPU. Для уменьшения шумов можно использовать фильтр низких частот.

Заключение. Результаты экспериментальных исследований макетного образца автоматизированной системы контроля деформаций показывают, что разработанная система обеспечивает измерение деформаций элементов конструкции, передачу и хранение информации на компьютере. Для создания полномасштабной системы мониторинга напряженно-деформированного состояния особо нагруженных элементов конструкций зданий и сооружений необходим подбор и монтаж соответствующих тензодатчиков.

Исследование проводилось в рамках научно-исследовательской работы «Исследование природы каналов побочных электромагнитных излучений и наводок элементов и устройств офисной вычислительной техники» (шифр FRRE-2023-0024, регистрационный номер 1023031300014-2-2.2.1).

Список литературы

1. Онищенко, А. В. Развитие отрасли информационных технологий / А. В. Онищенко // Вестник науки. – 2022. – №7 (52). – С. 138-141.
2. Снежко, В. Л. Разработка системы автоматизации экспериментальных исследований / В. Л. Снежко, М. С. Палиивец, А. В. Подобный // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2022. – №10-2. – С. 118-120. – DOI 10.24412/2500-1000-2022-10-2-118-12. – EDN ZUWLLM.
3. Рушечников, Я. И. Метод автоматизированного определения координат источника радиоизлучения в помещениях / Я. И. Рушечников, И. А. Третьяков // 67-я Международная научная конференция Астраханского государственного технического университета (Астрахань, 29–31 мая 2023 г.): материалы / Астраханский государственный технический университет. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2023. – С. 438-441.
4. Семенова, И. И. Концепция автоматизированной системы поддержки научных исследований / И. И. Семенова, А. А. Швельб // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – № 3. – С. 76-80. – EDN LDEM DL.
5. Разработка автономной автоматизированной системы непрерывного контроля состояния строительного объекта / В. Ю. Подлесный, В. И. Тимченко, И. А. Третьяков, В. В. Данилов // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. – 2023. – № 2. – С. 51-59. – EDN PHCERN.

УДК 608.2

ЗАДАЧИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Холод П.В.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, РБ
fitr@bntu.by

В среднем в системе дорожного транспорта человек ежедневно проводит 7 % своего времени. Следовательно, перебои в работе данной системы могут иметь самые серьёзные последствия, т.к. в различные моменты времени абсолютно каждый человек является вовлечённым в неё.

При анализе решений, принимаемых в системе дорожного движения можно отталкиваться от количественной оценки расчёта потерь. Потери в данном случае – это превышение затрат стоимости транспортного обслуживания над минимально возможной стоимостью. Однако, последняя сама по себе недостижима, так как включает безаварийное движение, применение всех наиболее совершенных технологий, исследований и т.д. В данной сфере различают экономические, экологические, аварийные и социальные потери, при этом зачастую сложно однозначно отнести потерю к тому или иному виду, так как они достаточно тесно связаны между собой.

Наиболее затратными на практике оказываются экономические потери, но к ним, как правило, общество привыкло и даже не замечает их. Аварийные потери имеют наименьший экономический эффект, но наибольший социальный. С одной стороны, они наиболее массово освещаются, с другой – от них напрямую зависят человеческие жизни. Поэтому, несмотря на то, что они приводят к меньшим затратам, чем экономические и экологические, к ним наиболее чувствительно общество. Следовательно, каждая группа потерь подразделяется на социальную и экономическую подгруппы, и потерями в дорожном движении можно считать необязательные социально-экономические издержки, которые можно и нужно минимизировать [1].

Для минимизации потерь, связанных с аварийными ситуациями, следует усиливать контроль за соблюдением правил дорожного движения, так как именно их в той или иной мере нарушение одним или сразу несколькими участниками дорожного движения приводит к возникновению большинства аварийных ситуаций. Все виды аварий объединяет то, что, как правило, они случаются ввиду неверной оценки ситуации. К этому можно отнести и неправильный выбор скоростного режима в определённый момент времени и неверную оценку действий другого участника дорожного движения, самоуверенность при недостаточности опыта и знаний. Разумеется, все эти факторы контролировать невозможно, ведь даже уже после возникновения аварии порой требуется значительное время для того, чтобы дать объективную правовую оценку действиям каждого из участников аварии. Однако можно контролировать отдельные параметры, такие как скорость движения, движение не по своей полосе, отсутствие номеров на автомобиле, езда по опасной траектории.

На первом этапе ставится задача оценки скорости движения автомобилей. Ранее для этого применялась лишь зрительная оценка, затем появились лазерные радары пистолетного типа и лазерные ловушки. Они позволяли эффективно вычислять скорость отдельного автомобиля, однако не были эффективны для мониторинга ситуации при многополосном движении с большим количеством автомобилей. В последние 5 лет началось активное внедрение стационарных датчиков контроля скорости на основе лазерных радаров. На момент 05.06.2021 в Республике Беларусь их количество составляло 501. Схема мониторинга ситуации на дороге при помощи стационарных датчиков представлена на рисунке [2]:

Данные датчики являются эффективными, но имеют свои минусы, связанные с тем, что для обеспечения контроля за какой-либо зоной необходимо купить, установить и настроить новый датчик, что на практике является весьма затратным и не совсем оптимальным решением. Также недостатком является охват относительно небольшой площади.

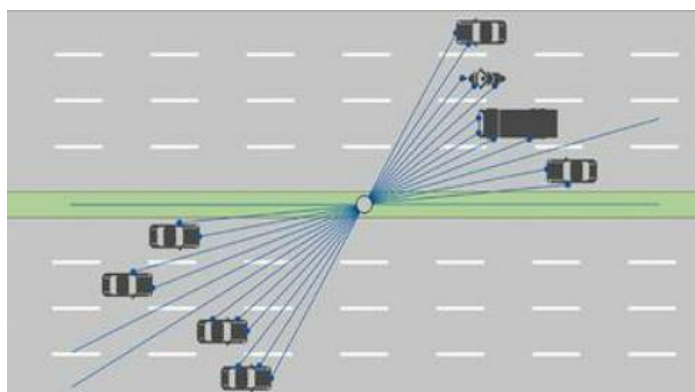


Рис. 1. Мониторинг ситуации на дороге при помощи стационарного датчика контроля скорости

В Российской Федерации с 2021 года стали применять систему контроля дорожного движения на основе беспилотных летательных аппаратов. Суть процесса состоит в патрулировании дорог во время полёта по определённой траектории. Управление осуществляется оператором. Данное решение позволяет ликвидировать некоторые минусы стационарных датчиков, однако также имеет свои недостатки, ввиду неудобства использования в пределах города и сложности контроля относительно небольшой зоны.

Решить основные проблемы, возникающее при использовании стационарных датчиков и обычных беспилотников можно путём использования беспилотных летательных аппаратов мультироторного типа, в т.ч. квадрокоптеров. Подобное решение позволит реализовать контроль скоростного режима в любой зоне в нужный момент времени, что решает проблему использования стационарных датчиков, и не изменять зону контроля в течение необходимого количества времени, что решает проблему применения беспилотных летательных аппаратов других типов, которые непрерывно перемещаются в пространстве и постоянно изменяют зону контроля.

Предполагается, что квадрокоптер будет использоваться в зонах, где есть наибольший риск аварий, в т.ч. на перекрёстках. Пример изображён на рисунке:



Рис. 2. Контроль перекрёстков квадрокоптерами

Квадрокоптер зависает в стабилизированном, условно статичном положении над перекрёстком и при помощи встроенной камеры и системы технического зрения оценивает ситуацию в пределах контролируемого участка. На начальном этапе необходимо реализовать возможность определения скорости автомобилей, а также проезда на красный сигнал светофора. В дальнейшем следует реализовать функционал по обнаружению езды по встречной полосе и езды без номеров.

Применение квадрокоптеров для решения этих задач имеет дополнительные преимущества ввиду относительно статичной ориентации (минимального изменения углов тангажа, крена, рысканья), что существенно упрощает расчёты, выполняемые при анализе движения автомобилей.

Список литературы

1. Врубель, Ю. А. Определение потерь в дорожном движении : монография / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Организация автомобильных перевозок и дорожного движения". – Минск : БНТУ, 2006. – 240 с. – ISBN 985-479-493-8.
2. Капский Д. В., Леванович Д. В., Вигерина Т. В., Головнич А. К. Применение методов видеоконтроля дорожного движения: теоретические и практические основы // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность.. – 2021. – №11. – С. 37-44.

Компьютерные технологии

УДК 303.642.023:519.722:303.224:578.08

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ШКАЛЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ

Аверин Г.В., д-р техн. наук, проф.,

Звягинцева А.В., д-р техн. наук, доц.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ

g.averin@donnu.ru, a.zvyagintseva@donnu.ru

Введение. Одна из самых интересных проблем современной науки лежит в области изучения и оценки характеристик сознания. Теория интегрированной информации, предложенная нейробиологом Дж. Тонони, возможно является одним из перспективных направлений решения этой проблемы и предполагает, что любая система, способная интегрировать информацию, должна обладать определенным уровнем феноменологического сознания [1]. При этом появление сознания в системе зависит от объема интегрированной информации. Если бы удалось разработать эмпирические методы измерения такой информации в системах различной природы, то можно было бы выяснить интегрируется ли на определенном качественном уровне информация с сознанием и справедливы ли теоретические аксиомы и постулаты теории интегрированной информации. Возможности измерения такой информации должны изучаться по отношению к различным системам и, в первую очередь, по отношению к биологическим организмам, а также возможно по отношению к объектам искусственного интеллекта.

Цель исследования состоит в изучении возможности измерения степени интеграции информации по отношению к различным сложным системам и, в первую очередь, по отношению к биологическим организмам, и в поиске феноменологических закономерностей взаимосвязи информации с сознанием. Результаты данной работы связаны с теорией интегрированной информации и методами экспериментального измерения количества информации.

Основная часть. В процессе исследований были приняты следующие гипотезы: каждый сложный объект обладает определенным объемом интегрированной информации, который может быть измерен в комплексной шкале относительно множества его характерных свойств. Измерительная шкала строится по отношению к объектам, входящих в один класс. Мерой для измерения информации является информационная энтропия состояния объекта, которая определяется эмпирически по вероятностям состояний в многомерном пространстве свойств класса объектов. Вероятность состояния оценивается по совместным событиям

наблюдения значений параметров свойств определенной совокупности объектов. Методом пробит-регрессии строится измерительная шкала, позволяющая установить положение объекта в пространстве состояний.

Источники данных – открытые базы данных, датасеты, данные веб-платформ, на которых публикуются наборы данных, библиотеки информации, нейросетей и машинного обучения и т.д.

Например, для биологических организмов (позвоночных животных) используются их основные свойства – вес, продолжительность жизни, метаболизм, вес мозга и т.д. Для объектов искусственного интеллекта одного класса – это могут быть значения параметров основных количественных свойств – количество обрабатываемой информации, показатели структурированности, эффективности, сложности, обучаемости, чувствительности, степени параллельной обработки информации и т.д.

В процессе анализа для изучения жизненных феноменов и получения структурированной информации использованы существующие источники данных о биологических объектах: база данных позвоночных животных AnAge [2], библиотеки и энциклопедии биологических видов, аллометрические и эмпирические уравнения, полученные в исследованиях Зотина А.И. [3], и т.д.

Был сформирован структурированный массив показателей около 4000 видов позвоночных животных, включая отряд приматов. Используются основные свойства биологических организмов – вес, продолжительность жизни, метаболизм, скорость роста, вес мозга, характеристики изменения энергетического обмена в ходе эволюции, критерии организованности, время возникновения таксонов в палеонтологической летописи и т.д., в общей сложности порядка 20 параметров.

Шкала оценки интегрированной информации строилась в трехмерном пространстве состояний для основных свойств позвоночных животных – вес, продолжительность жизни, метаболизм. В свою очередь, для оценки условных характеристик феноменологического сознания строились линейные шкалы для нескольких пространств состояний, которые формировались относительно различных комбинаций параметров свойств, где человек занимает наиболее высокое положение в пространстве состояний (относительный вес мозга, характеристики изменения энергетического обмена в ходе эволюции, критерии организованности, время возникновения таксонов в палеонтологической летописи и т.д.).

Предполагается, что между данными комплексных измерений состояний объектов в шкале интегрированной информации и шкалах феноменологического сознания могут существовать корреляции.

В процессе выполнения работ применялись методы обработки, анализа и феноменологического описания многомерных эмпирических

данных по отношению к системам различной природы [4, 5]. Предложена методика измерения информации и определения степени ее интеграции, изучены различные критерии для оценки предполагаемого количества информации, исследованы корреляции между основными величинами, обобщён статистический материал в данной области, сформулированы выводы относительно справедливости отдельных аксиом и постулатов теории интегрированной информации и т.д.

На основе данных построены уравнения состояний позвоночных животных, включая отряд приматов, которые, например, для оценки интегрированной информации относительно свойств объектов имеют вид:

$$\text{Pr} = -2,089 + s_w; \quad w = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\text{Pr}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt, \quad (1)$$

$$s_w = 0,782 \ln\left(\frac{z_1}{z_{10}}\right) + 0,004 \ln\left(\frac{z_2}{z_{20}}\right) + 0,340 \ln\left(\frac{z_3}{z_{30}}\right),$$

где s_w – эмпирическая энтропия; Pr – пробит вероятности состояния; z_1 – максимальная продолжительность жизни в неволе, лет; z_2 – вес взрослой особи, кг; z_3 – уровень метаболизма, Вт; z_{k0} – значения для параметров опорного объекта, в качестве которых использованы биологические показатели домашней мыши. Коэффициент корреляции зависимости (1) составил 0,98, средняя относительная ошибка равна 7,9%.

Заключение. Результаты исследований позволят сформировать выводы относительно справедливости теоретических аксиом и постулатов теории интегральной информации, обобщить статистический материал в данной области, предложить новые методы измерения информации в теории информации и т.д.

Результаты могут представлять интерес при решении исследовательских задач в когнитивных науках, теории информации, нейробиологии и т.д.

Список литературы

1. Tononi G. Consciousness as integrated information: a provisional manifesto. *Biological Bulletin*. 2008. no. 215.
2. AnAge: The Animal Ageing and Longevity Database. Available at: <https://genomics.senescence.info/species/> (accessed August 16, 2023).
3. Зотин А.И., Зотин А.А. Направление, скорость и механизмы прогрессивной эволюции. Термодинамические основы. – М.: Наука, 1999. – 432 с.
4. Аверин Г.В. Системодинамика: теория и приложения / Изд. 2-е перераб. и доп. – Донецк: ООО «НПП «Фолиант», 2022. – 535 с.
5. 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.

ИСКУСТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГРАХ: ЭВОЛЮЦИЯ ГЕЙМДИЗАЙНА И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Алексеев В.Д., Максименко И.И., канд. физ.-мат. наук
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
vladalexeev91@gmail.com, igor.maksimenko_1967@mail.ru

Введение. Интеллектуальные системы в компьютерных играх имеют огромное значение для современной игровой индустрии. Развитие искусственного интеллекта (ИИ) в играх привело к возможности создания реалистичных и умных виртуальных персонажей, улучшения игрового опыта и разнообразия игровых ситуаций. В данной статье мы рассмотрим основные аспекты технической реализации ИИ в играх, методы его создания и улучшения, а также перспективы развития данной области информационных технологий.

Игровой искусственный интеллект – это набор программных методов, которые используются в видеоиграх для создания иллюзии разума у НПС (непись) через их поведение. Он включает в себя алгоритмы теории управления, робототехники, компьютерной графики и информатики в целом. Игровой ИИ позволяет системе анализировать информацию в виртуальной среде и принимать решения, более приближенные к человеческим.

Искусственный интеллект в играх представляет собой всё, что не запускается игроком во время игрового процесса. Он отвечает за поведение врагов, союзников, нейтральных персонажей, а также за управление игровым миром, системами планирования и принятия решений.

Основные методы создания интеллектуальных систем в играх. Искусственный интеллект играет важную роль в различных аспектах компьютерных игр, таких как управление персонажами, принятие решений и создание игрового контента. В последние годы проводилось множество исследований в области искусственного интеллекта в играх, с целью улучшения игрового опыта и создания новых и уникальных игровых сценариев. Одним из таких исследований является работа [1], в которой исследуется, как эмоции игрока влияют на игровой опыт. Результаты этого исследования показали, что эмоции игрока могут быть использованы для создания более увлекательных и захватывающих игровых ситуаций. Другое исследование, проведенное [2], оценивает влияние искусственного интеллекта на создание игрового контента. В данном исследовании были разработаны алгоритмы для автоматической генерации уровней и противников, которые могут адаптироваться к стилю игры и предпочтениям игрока.

Создание интеллектуальных систем в играх осуществляется с использованием различных методов и подходов. Ниже приведены некоторые из них:

1. Поведенческие деревья. Поведенческие деревья являются одним из наиболее популярных методов создания ИИ в играх. Они представляют собой граф, в котором каждый узел представляет собой действие, которое персонаж может выполнить, и условие, при котором это действие будет выбрано. Поведенческие деревья обеспечивают гибкость и разнообразие поведения персонажей в игре.

2. Конечные автоматы. Конечные автоматы – это математическая модель, которая описывает поведение системы в виде набора состояний и переходов между ними. В играх, конечные автоматы используются для описания поведения ИИ персонажей в различных ситуациях. Они позволяют создавать умных и адаптивных персонажей, которые могут адекватно реагировать на изменения в игровом мире. В статье [3] вводится аппарат коалгебр, позволяющий обобщить подходы к исследованию поведения конечных автоматов как класса динамических систем. Язык коалгебр планируется применить к описанию поведения ИИ персонажей по аналогии с конечными автоматами.

3. Системы планирования. Системы планирования в играх используются для определения оптимальной последовательности действий, которые должны быть выполнены персонажем для достижения определенной цели. Они позволяют создавать ИИ персонажей, которые могут планировать свои действия, прогнозировать будущие события и адаптироваться к изменениям в игровом мире.

4. Цепи Маркова. Цепи Маркова – это математическая модель, которая описывает последовательность событий, где вероятность каждого события зависит только от предыдущего события. В играх, цепи Маркова используются для моделирования поведения ИИ персонажей, основываясь на их предыдущих действиях и состоянии игрового мира.

5. Нейронные сети. Нейронные сети – это математическая модель, которая имитирует работу нервной системы человека. В играх, нейронные сети используются для создания ИИ персонажей, которые могут обучаться на основе опыта и адаптироваться к изменениям в игровом мире. Они позволяют создавать более умных и реалистичных персонажей, которые могут принимать сложные решения и научиться новым навыкам.

Улучшение искусственного интеллекта в играх

С появлением новых технологий и алгоритмов, разработчики постоянно работают над улучшением искусственного интеллекта в играх. Одним из ключевых направлений развития ИИ в играх является увеличение его адаптивности и реалистичности.

В своих работах собираюсь изучать адаптивность ИИ к изменениям игрового мира и принимать обоснованные решения в новых ситуациях,

также изучить способность ИИ к более реалистичному поведению, умениями персонажей и реакцией на игровые ситуации. Это всё приносит с собой ряд значимых выгод и преимуществ:

- Улучшение игрового опыта: адаптивный и реалистичный ИИ способствует более увлекательному и интересному игровому опыту. Игроки оценивают более разнообразное и интеллектуальное поведение врагов, союзников и нейтральных персонажей.

- Повышение реалистичности: игры стремятся к созданию максимально реалистичных миров, и адаптивный ИИ играет важную роль в достижении этой цели. Реалистичное поведение персонажей делает игровой мир более убедительным и иммерсивным.

- Исследования и обучение: в области искусственного интеллекта, игры служат песочницей для исследований и обучения алгоритмов машинного обучения и усиления. Разработка более сложных ИИ в играх способствует развитию исследовательских областей.

Заключение. Искусственный интеллект в компьютерных играх имеет огромный потенциал и перспективы развития. С появлением новых технологий и алгоритмов, разработчики получают все больше возможностей для создания умных и реалистичных персонажей, улучшения игрового опыта и разнообразия игровых ситуаций. В будущем мы можем ожидать ещё более интеллектуальных и адаптивных игровых персонажей, уникальных игровых миров и захватывающих сценариев, благодаря развитию искусственного интеллекта в игровой индустрии.

Список литературы

1. [Isbister and Schaffer 2008] Isbister, K., & Schaffer, N. (2008). Game usability: Advancing the player experience. CRC Press.
2. [Togelius et al. 2010] Togelius, J., Yannakakis, G. N., & Karakovskiy, S. (2010). Artificial intelligence and games. Springer Science & Business Media.
3. Курганский А.Н., Максименко И.И. Коалгебраические элементы теории экспериментов с автоматами //Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности: Материалы I Международной научной конференции (Донецк, 16=18 мая 2016 г.)- Том 1.- Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. – С.240-243.
4. <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-sistemy-v-kompyuternyh-igrah-perspektivy-razvitiya-iskusstvennogo-intellekta-v-igrovoy-industrii/journal/n/sovremennye-materialy-tehnika-i-tehnologii>

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДОКЛАДА

Андрян И.В., Шацкий Д.Р.

¹Политехнический институт (филиал) «Донской государственный технологический университет», г. Таганрог, РФ
ustuputelb@gmail.com

Введение: ChatGPT-4 – это последняя версия, на момент написания этой статьи, чат-бота на основе алгоритма GPT (Generative Pre-trained Transformer), который использует искусственный интеллект (ИИ) для создания ответов на вопросы и участия в диалогах с людьми, а также во множестве разных других функциях. В этой статье мы рассмотрим, какие улучшения были внесены в ChatGPT-4 по сравнению с предыдущими версиями.

Цель этой статьи – рассмотреть улучшения, внесенные в ChatGPT-4 по сравнению с предыдущими версиями, и сравнить его с GPT-3.5. Читатели научной конференции смогут узнать о последних достижениях в области искусственного интеллекта и чат-ботов.

Основная часть. GPT-4 была практически полностью готова уже в середине 2022 года, однако информация о её существовании держалась командой разработчиков в секрете. Она интегрирована с интернет-поисковиком Microsoft как минимум с ноября прошлого года, когда отдельным пользователям в Индии впервые был предоставлен тестовый доступ к Bing Chat.

Сравнивая GPT-4 и GPT-3.5, можно заметить, что GPT-4 имеет более точные и информативные ответы на вопросы пользователей благодаря способности к обучению на большом количестве данных. Кроме того, ChatGPT-4 имеет большую вариативность ответов и более развитые функции перевода. Также в отличие от GPT-3.5, новая сеть может работать как с текстовой, так и с графической информацией. Такой ИИ называют мультимодальным. Правда, вне зависимости от того, что GPT-4 получила на входе, на выходе всегда будет только текст. По крайней мере, пока что.

Одной из главных особенностей «четвёрки» является его способность к обучению на большом количестве данных. Это позволяет ему генерировать более точные и информативные ответы на вопросы пользователей. Кроме того, ChatGPT-4 имеет большую вариативность ответов, что делает его более интересным для общения человеку.

Что касается обучения, то команда OpenAI скупко сообщила, что GPT-4 тренировалась на суперкомпьютерах Microsoft Azure. В процессе использовался метод RLHF, также применявшийся и в предыдущей версии ChatGPT. К слову, метод RLHF (Reinforcement Learning from Human Feedback) – это метод обучения языковой модели, который позволяет ей научиться соответствовать ожиданиям людей.

Ещё одним улучшением ChatGPT-4 является его способность к контекстному пониманию запросов. Он может анализировать предыдущие сообщения пользователя и использовать эту информацию для создания более точных ответов. Это позволяет ИИ лучше понимать намерения пользователя и предоставлять более релевантные и корректные ответы.

Также GPT-4 имеет более развитые функции перевода. Он может переводить сообщения на различные языки и обеспечивать более точный перевод благодаря использованию контекстной информации.

Наконец, ChatGPT-4 имеет улучшенный интерфейс пользователя, который делает его более удобным в использовании. Он имеет более простой и интуитивно понятный дизайн, что делает его доступным для широкой аудитории.

Однако, на последние дни от написания статьи, ChatGPT-4 стала глупеть из-за того, что были внесены изменения в алгоритм, которые привели к снижению качества ответов. Разработчики уже работают над решением этой проблемы. Авторы сравнивали языковые модели GPT-4 и GPT-3.5, выпущенные в марте и январе. Они обнаружили, что за это время точность GPT-4 заметно упала, тогда как у GPT-3.5, напротив, выросла. Например, точность ответа на вопрос, является ли 17077 простым числом, упала на 95,2 % – тогда как у GPT-3.5, напротив, повысилась с 7,4 % до 86,8 %. Также шанс выполнения написанного нейросетью кода понизилась в актуальных версиях обеих моделей.

В заключение, достижение уровня AGI (Artificial General Intelligence) – лишь желание разработчиков из OpenAI. Удастся ли им создать полноценный ИИ, неизвестно. Тем более, что точных критериев для определения искусственного разума не существует. ChatGPT-4 – это значительное улучшение по сравнению с предыдущими версиями. Благодаря его способности к обучению на большом количестве данных, контекстному пониманию, функциям перевода и улучшенному интерфейсу, он предоставляет более точные и информативные ответы на вопросы пользователей.

Список литературы

1. URL: <https://openai.com/blog/chat-history/>(дата обращения: 30.09.2023)
2. URL: <https://www.analyticsinsight.net/what-is-gpt-4-and-how-it-will-revolutionize-the-chatbot-industry/>(дата обращения: 30.09.2023)
3. URL: <https://www.techgenyz.com/2021/06/23/openai-chatbot-gpt-4/>(дата обращения: 30.09.2023)

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ FRONTEND ФРЕЙМВОРКОВ

Андрян О.В., Беседин Б.В.

Политехнический Институт (Филиал) ФГБОУ ВО «Донской государственный
технический университет», г. Таганроге РФ
bogdan.besedin.2004@mail.ru

Введение. Фреймворк – это среда для разработки технически сложных и нагруженных IT-продуктов, которая сочетает готовые программные решения и уникальный код для реализации специфичных для конкретного продукта компонентов. Фреймворк экономит время на создании кода, отвечающего за взаимодействие с БД, аутентификацию пользователя, поддержку сеансов, защиту от веб-атак, кеширование и т. д.

Цель работы – ознакомить начинающих разработчиков с самыми популярными инструментами и фреймворками на текущий момент.

Основная часть. Фронтенд – разработка части проекта, которую видит пользователь в своем веб-браузере. Фронтенд-фреймворки отвечают за внешний вид веб-страницы. Благодаря ним сайт одинаково отображается во всех браузерах. С их помощью создают интерактивные интерфейсы, настраиваются стили и упрощается работа с анимацией.

Преимущества фреймворков:

- Высокая скорость разработки;
- Упрощение работы над приложением и снижение риска допущения ошибок в коде;
- Сведение рутинных задач к минимуму;
- Легче поддерживать код на протяжении времени;
- Реализация базовой функциональности веб-продукта.

На данный момент существует огромное количество фреймворков, но самые популярные и используемые: React, Vue.js и Angular.

React был создан Джорданом Валке, разработчиком программного обеспечения из Facebook. В 2013 году Джордан представил обществу React и объявил о том, что он будет с открытым исходным кодом. Поначалу разработчики относились к React с недоверием, но благодаря поддержки Facebook, Netflix, и Airbnb – React быстро завоевал доверие публики и в 2016 стал самой популярной фронтенд-библиотекой. React используется для создания пользовательских интерфейсов и предлагает компонентную архитектуру и виртуальный DOM (Объектную модель документа).

Из плюсов фреймворка можно выделить:

- Виртуальный DOM. Позволяет обновлять только те части пользовательского интерфейса, которые изменились;

- Компоненты. Можно разбить пользовательский интерфейс на более мелкие части (компоненты);

- Сообщество;
- Возможность разрабатывать мобильные приложения.

Из минусов:

- Зависимость кода от обновлений. Время от времени новые обновления могут «ломать» код в проекте, из-за чего его приходится переделывать;

- Сложность в обучении.

Vue.JS выпущен в открытый доступ в 2014 году сотрудником Google Эваном Ю (Evan You). Фреймворк был создан с целью облегчения создания быстрых прототипов сложных пользовательских интерфейсов. 18 сентября 2020 года выпущена Vue.js 3.0 обеспечивающая больший функционал и улучшенную производительность.

Плюсы:

- Подробная документация. Подробное описание Vue.js помогает начинающим разработчикам быстрее начать взаимодействовать с полным функционалом фреймворка.

- Адаптивность. Может быть осуществлен быстрый переход от других фреймворков к Vue.js из-за сходства с Angular и React с точки зрения дизайна и архитектуры.

- Интеграция. Vue.js используется как для создания одностраничных приложений, так и для более сложных веб-интерфейсов.

Минусы Vue.js:

- Недостаток ресурсов. Vue.js по-прежнему занимает довольно небольшую долю рынка по сравнению с React или Angular.

AngularJS. Фреймворк предназначенный для создания одностраничных приложений был разработан в 2009 году Мишко Хевери и Адамом Брансом в Brat Tech LLC. Основными целями разработки было – облегчение тестирования и разделение клиенткой и серверной стороны (открывает возможность вести разработку параллельно).

Плюсы:

- Поддержка TS. Angular используется вместе с Typescript.

- Односторонняя привязка данных. Обеспечивает исключительное поведение приложения, что сводит к минимуму риск возможных ошибок.

- Структура и архитектура, специально созданные для большой масштабируемости проекта.

Минусы Angular:

- Разнообразие различных структур усложняет изучение по сравнению с React и Vue.js.

- Медленная производительность.

Заключение. Framework требует от разработчика определенных навыков и времени на изучение, однако с ним процесс разработки станет

проще, быстрее и дешевле. Если правильно подобрать фреймворк, Вы освободите себя от части рутинных задач и облегчите поддержку кода для своего приложения.

Список литературы

1. Бэнкс А. React. Современные шаблоны для разработки приложений. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2022. – 320 с.
2. Стефанов С. React. Быстрый старт. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2023. – 304 с.
3. Листуон Б. Vue.js в действии. – 1-е изд. – СПб.: Питер, 2021. – 306 с.
4. Пономарев С. Н. Angular на примерах. Создаем web-приложения с нуля. – 1-е изд. – СПб.: Наука и Техника, 2019. – 288 с.

УДК 004.3

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Андрян О.В., Махмудов С.М.

Политехнический Институт (Филиал) ФГБОУ ВО «Донской Государственный
Технический Институт», г. Таганроге РФ
mpsemik@gmail.com

Введение. Аддитивные технологии (3D-печать) – это процесс создания трехмерных объектов посредством последовательного нанесения слоев материала. В последние годы этот метод производства привлек внимание многих отраслей, включая медицину, инженерию, аэрокосмическую промышленность и даже модульное строительство.

Цель. Изучить способы применения аддитивных технологий, область их применения.

Основная часть. Существует несколько основных направлений развития аддитивных технологий.

Первое направление – улучшение существующих методов и технологий. В настоящее время существует множество различных материалов для 3D-печати, применяемых в зависимости от конкретной отрасли. Однако все еще остается много проблем с настройкой и настройкой оборудования, а также с качеством и прочностью объектов, создаваемых с помощью аддитивных технологий. Исследователи по всему миру работают над решением этих проблем и разработкой новых материалов и методов.

Второе направление – расширение области применения аддитивных технологий. Сейчас они успешно используются в медицине для создания индивидуальных имплантов и протезов, в инженерии для создания прототипов и быстрого изготовления запчастей, а также в архитектуре и

дизайне. Однако есть потенциал для использования аддитивных технологий во многих других отраслях, таких как автомобильная промышленность, пищевая промышленность, электроника и даже искусство.

Третье направление – разработка новых методов и технологий. Исследователи постоянно экспериментируют с новыми методами создания объектов с помощью аддитивных технологий. Например, недавно был предложен метод создания 3D-объектов из жидкого металла путем его охлаждения во время печати. Также исследуются новые материалы, такие как биопечать с использованием клеток и тканей.

Тенденции и перспективы развития отрасли аддитивных технологий. Технологический прогресс способствует производству множества полезных вещей для быта, здоровья и безопасности человека, например, аддитивные технологии в авиастроении помогают создавать высокоэкономичный и легкий по весу авиатранспорт, при этом его аэродинамические свойства сохраняются в полном объеме.

Проведенный анализ показал, что существуют совершенно разноплановые сферы применения аддитивных технологий:

- промышленность;
- строительство и архитектура;
- сельскохозяйственное производство;
- автомобилестроение;
- судостроение;
- космонавтика;
- военный сектор;
- образование;
- медицина и фармакология;
- другие сферы.

К барьерам и рискам аддитивных технологий можно отнести высокую стоимость оборудования и материалов производства, а также трудности переоборудования действующих производств под использование аддитивных технологий. Проблему высокой стоимости оборудования и материалов можно решить началом их изготовления в нашей стране.

Однако, несмотря на все потенциальные преимущества аддитивных технологий, они все еще имеют свои ограничения. Они могут быть медленными и дорогостоящими в производстве больших партий, и некоторые материалы все еще не могут быть эффективно печатаемыми. Также существуют вопросы о надежности и безопасности 3D-напечатанных объектов в сравнении с традиционными методами производства.

Заключение. В целом, перспективы развития аддитивных технологий огромны. С развитием новых материалов, методов и технологий, аддитивные технологии могут полностью изменить способы производства и влиять на различные отрасли. Однако для этого необходимо продолжать исследования и разработку, чтобы преодолеть существующие проблемы и ограничения.

Список литературы

1. Шишковский И.В. Основы аддитивных технологий высокого разрешения. – СПб: Питер, 2016. – 400 с.: – ISBN 978-5-496-02049-7.
2. Кузнецов П.А., Васильева О.В., Теленков А.И., Савин В.И., Бобырь В.В. Аддитивные технологии на базе металлических порошковых материалов для российской промышленности // Новости материаловедения. Наука и техника. – 2015. – №2. – С.4-10.
3. Смирнов, В.В., Барзали В.В., Ладнов П.В. Перспективы развития аддитивного производства в российской промышленности // Опыт ФГБОУ УГАТУ. Новости материаловедения. Наука и техника. №2 (14). 2015. С. 23-27
4. Технологии аддитивного производства. Трехмерная печать, быстрое прототипирование и прямое цифровое производство. – Гибсон Я., Розен Д., Стакер Б. 2016. – 647 с.

УДК 536.2:519.6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОПРЯЖЕННЫХ ЗАДАЧ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Бодряга В.Е., Толстых В.К., д-р физ.-мат. наук, проф.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
v.bodriaga@donnu.ru

Введение. Проблема получения качественных слитков является всегда актуальной на металлургических производствах. Решение теплофизических задач способствует получению способов повышения качества металла с минимальными затратами т.к. они не требуют значительных вычислительных затрат, как человеческих, так и компьютерных [1].

Математические модели с точными или приближенными к точным значениями теплофизических параметров (теплоемкость, плотность, теплопроводность и др.), дают возможность получить удовлетворительные результаты. Для поиска оптимальных значений параметров уравнений формулируются задачи параметрической идентификации [2, 3].

Цель: решить задачу параметрической идентификации посредством формулировки и решения сопряженной задачи. Искомый параметр – эффективная теплопроводность.

Основная часть. Моделирование установившихся тепловых процессов в цилиндрическом непрерывном слитке выполнялось посредством следующего уравнения:

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

$$T|_{\substack{0 \leq r \leq R \\ z=0}} = T_0, \quad \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{\substack{r=0 \\ 0 < z < Z}} = 0 \quad (2)$$

$$T|_{\substack{r=R \\ 0 \leq z \leq z_c}} = T_C, \quad a \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{\substack{r=R \\ z_c < z \leq Z}} = -\frac{\alpha}{c\rho} (T - T_h) \quad (3)$$

где V – скорость литья металла, T – температура слитка, a – эффективный коэффициент температуропроводности.

Коэффициент температуропроводности представляем в виде полиномиальной зависимости [3]:

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

где $\frac{1}{T_s^i}$ – коэффициент масштабирования, T_{sol} – температура затвердевания слитка.

Задача идентификации модели (1) с соответствующими начальными (2) и граничными (3) условиями сводится к задаче параметрической идентификации вектора $\mathbf{c} = \{c_0, c_1, \dots, c_n\}$ для зависимости (4) размерности $n+1$

Качество идентификации эффективного коэффициента a будем оценивать интегральным расхождением температуры T , рассчитанной по модели (1) – (3) и экспериментально наблюдаемой T_e температурами по объёму слитка [4] в виде:

$$J(\mathbf{c}) = \int_0^R \int_0^Z [T(r, z) - T_e(r, z)]^2 2\pi r dz dr \quad (5)$$

Минимизация $J(\mathbf{c})$ осуществляется методом сопряженных градиентов: $\mathbf{c}^{k+1} = \mathbf{c}^k - b^k p^k$, $k = 0, 1, \dots$ где $p^k = \nabla J^k + \frac{\|\nabla J^k\|^2}{\|\nabla J^{k-1}\|^2} p^{k-1}$, $p^0 = \nabla J^k$ число b^k рассчитывалось с использованием метода Вульфа.

Для оценки эффективности методов идентификации вектора \mathbf{c} градиент ∇J в $n+1$ мерном пространстве будем рассчитывать двумя способами.

Первый способ: вычисления проводятся с использованием конечно-разностной формулы:

$$\nabla_i J(\mathbf{c}^k) \approx \frac{J(\mathbf{c}^k + h e_i) - J(\mathbf{c}^k)}{h}, \quad i = 0, 1, \dots, n,$$

где $h = 10^{-13} \|\mathbf{c}\|$, e_i – единичный вектор вдоль оси i в пространстве оптимизируемых параметров \mathbf{c} ,

Второй способ: расчеты выполняются с применением модифицированного метода множителей Лагранжа:

$$\nabla_i J(\mathbf{c}^k) = \int_0^R \int_0^Z \frac{\partial T}{\partial r} \frac{\partial f}{\partial r} \frac{T^i}{(T_c)^i} 2\pi r dz dr,$$

где $f(r, z)$ удовлетворяет сопряженной задаче (6) с соответствующими граничными условиями (7):

$$-V \frac{\partial f}{\partial z} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(ar \frac{\partial f}{\partial r} \right) - 2(T - T_e) \quad (6)$$

$$f|_{z=Z} = 0, \quad \frac{\partial f}{\partial r} \Big|_{r=0} = 0, \quad f|_{0 \leq z \leq z_c} = 0, \quad a \frac{\partial f}{\partial r} \Big|_{z_c < z \leq Z} = -\alpha' f \quad (7)$$

Полученные результаты расчетов представлены в таблице.

Таблица

Результаты идентификации коэффициента теплопроводности при расчете градиента ∇J разными методами

Метод расчета ∇J	Численное дифференцирование			Сопряженная задача			
	n	k	J^k / J^0	$\frac{\ \mathbf{c}^k - \mathbf{c}_e\ }{\ \mathbf{c}^0 - \mathbf{c}_e\ }$	k	J^k / J^0	$\frac{\ \mathbf{c}^k - \mathbf{c}_e\ }{\ \mathbf{c}^0 - \mathbf{c}_e\ }$
	0	10	$2,24 \cdot 10^{-18}$	$1,06 \cdot 10^{-9}$	11	$1,30 \cdot 10^{-31}$	$1,49 \cdot 10^{-16}$
	2	19	$1,73 \cdot 10^{-15}$	$3,70 \cdot 10^{-5}$	4	$9,45 \cdot 10^{-6}$	$7,35 \cdot 10^{-2}$
	5	28	$4,45 \cdot 10^{-13}$	$2,52 \cdot 10^{-4}$	5	$1,12 \cdot 10^{-6}$	$1,50 \cdot 10^{-2}$

Заключение. В силу увеличения количества вычислений при идентификации теплопроводности с применением сопряженной задачи, увеличиваются и вычислительные погрешности, что отразилось на результате. Метод численного дифференцирования, в свою очередь, дает достаточно хорошее приближение к искомому вектору (Табл.1).

Однако, этот метод показывает свою чувствительность на увеличение порядка n полинома $a(T)$, (восстанавливаемого вектора \mathbf{c}), увеличением итерационных вычислений. Метод с сопряжённой задачей не чувствителен к размерности искомого вектора \mathbf{c} .

Список литературы

1. Огурцов А. П., Недопекин Ф. В., Толстых В. К., Володин Н. А. Прямая оптимизация теплофизических процессов. – Донецк: Юго-Восток, 1997. – 150 с.
2. Толстых В.К. Идентификация теплофизических параметров в виде полиномов, зависящих от температуры / Недопекин Ф. В., Бодряга В. Е. // Технічна теплофізика та промислового теплоенергетика. – 2009. – Випуск №1. – С. 193-199.
3. Толстых В. К. Идентификация эффективного коэффициента теплопроводности в непрерывном слитке / В. К. Толстых, Ф. В. Недопекин, В. Е. Бодряга // X-тая национальная конференция по металлургии (Болгария, г. Варна 28-31 мая, 2007 г.). – Варна, 2007.
4. Бодряга В. Е. Интерполяция экспериментальных измерений температуры по поверхности охлаждаемого слитка / В. К. Толстых, Д. В. Бондарец // Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : матер. IV Междунар. научн. конф. (Донецк, 26 – 27 октября 2021 г.). – Донецк : Издательство ДонНУ, 2021. – Т. 2 : Физические и технические науки. – С. 212-215. – URL: http://donnu.ru/public/files/Том%202%20-%20Физические%20и%20технические%20науки_0.pdf (дата обращения: 03.10.2023).

ТОНКАЯ КАЛИБРОВКА КЛАССИФИКАТОРА RANDOM FOREST В ЗАДАЧАХ ПРЕДСКАЗАНИЯ УСПЕШНОСТИ ПРОХОЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОНЛАЙН-КУРСОВ

Бондаренко В.И., канд. техн. наук, доц., **Елисеев В.О.**
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
bondarenko@donnu.ru, eliseevv02@mail.ru

Введение. В настоящее время достаточно актуальна тема дистанционного обучения и получения знаний в онлайн-формате наряду с классическим вузовским дистанционным обучением.

Одной из ведущих российских платформ онлайн-курсов является Stepik (<https://stepik.org>), которая содержит множество как платных, так и бесплатных курсов и предоставляет пользователю удобный интерактивно-геймифицированный опыт обучения. Однако в среднем, только 10% пользователей, записавшихся на курс, проходят его до конца.

Актуальность использования тонко откалиброванного классификатора Random Forest для предсказания успешности прохождения онлайн-курса заключается в том, что данный классификатор представляет собой компромиссное решение между точностью и относительной стойкостью к переобучению и простотой архитектуры и процедуры тренировки, относительно решений, связанных с нейронными сетями. Актуальность самого процесса предсказания ухода пользователя с онлайн-курсов заключается в низком проценте их успешных прохождений, а также в возможности быстрого реагирования на возможный уход, включающий в себя различные стимуляции студента к продолжению обучения (мотивирующее письмо, помощь в решении задачи, на которой застрял студент, и т. п.). Таким образом есть шанс значительно увеличить процент успешных прохождений онлайн-курсов и качественно улучшить профессиональные навыки студентов.

Целью настоящего исследования является тонкая калибровка классификатора Random Forest, предсказывающего уход студента с онлайн-курса на основе данных о его действиях в первые 2 дня нахождения на курсе и вероятность его ухода с курса без успешного завершения (под успешным завершением курса будем понимать набор пользователем минимум 40-ка баллов на курсе).

Также мы определим целесообразность увеличения мощности классификатора за счет увеличения числа входящих в него решающих деревьев с точки зрения точности и вопросов производительности итогового решения.

Основная часть. Для обучения классификатора, в качестве тренировочных данных, мы возьмем данные о действиях пользователей на

курсе «Введение в анализ данных в R» в промежутке с 2015 по 2018 годы, выделим в них покинувших курс пользователей. Для тестирования работоспособности классификатора используем более свежие данные об активности пользователей на этом курсе (при размеченных вероятностях ухода с курса) и сравним прогноз классификатора с реальными вероятностями. В качестве критерия оценки возьмем ROC AUC score – площадь под кривой ошибок. Данная кривая представляет из себя линию от (0,0) до (1,1) в координатах True Positive Rate (TPR) и False Positive Rate (FPR) [1].

Тонкая калибровка используется в виду того, что выходными данными будут являться не метки 1 или 0 (1 – пользователь ушел, 0 – остался), а вероятности исходов, то есть для предсказания будет использоваться метод `predict_proba` [2]. Для упрощения, в финальную таблицу, отправляемую на проверку автоматической системой, поместим только вероятность исхода 1 – ухода пользователя с курса.

Для достижения поставленной цели предлагается создать и откалибровать 2 классификатора Random Forest – более легковесный и тяжеловесный (относительно количества деревьев), с разными размахами для числа деревьев, и общими диапазонами гиперпараметров `max_depth`, `min_samples_leaf`, `min_samples_split` (наиболее важные для настройки гиперпараметры классификатора RandomForest [3]).

Результат. В ходе исследования были созданы и сравнены 2 классификатора RandomForest, для тонкой калибровки вероятностных прогнозов обернутые в классификатор `CalibratedClassifierCV` [4], с диапазонами выбора гиперпараметров, указанном в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Название гиперпараметра	Диапазон для среднего классификатора	Диапазон для крупного классификатора
1	<code>n_estimators</code>	20...100	20...1000
2	<code>estimator_max_depth</code>	1...10	1...10
3	<code>estimator_min_samples_leaf</code>	5...30 (шаг 2)	5...30 (шаг 2)
4	<code>estimator_min_samples_split</code>	2...20 (шаг 2)	2...20 (шаг 2)

Для подбора гиперпараметров использовался ускоренный поиск по сетке `HalvingGridSearchCV` [5] со значением `factor = 3` (значение по умолчанию) для среднего классификатора и значением `factor = 2` для крупного. В качестве оптимизируемой метрики была выбрана `roc_auc`.

Далее тренировочные данные были разбиты на тренировочную и тестовую подвыборки, после чего была запущена сама тренировка классификатора (происходящая в контексте поиска наилучших гиперпараметров) с использованием кросс-валидации со значением 5. Были замечены приблизительная продолжительность тренировки, скорость кросс-валидационной проверки (время, за которое классификатор

вычислит показатель `roc_auc` для одного случайного распределения тренировочной подвыборки), метрики `score` и `roc_auc_score` для части тренировочных данных, помеченных как тестовая подвыборка, а также финальный `roc_auc_score` на новых, тестовых данных, полученный после отправки файла с прогнозами классификатора в систему тестирования. Результаты указаны в таблице 2.

Таблица 2

№ п/п	Показатель	Средний классификатор	Крупный классификатор
1	Время тренировки (минуты)	110	230
2	Скорость кросс-валидационной проверки (секунды)	2.1	22.4
3	<code>score</code> на тестовой подвыборке	0.9001494768310911	0.9005231689088191
4	<code>roc_auc_score</code> на тестовой выборке	0.7672083701076023	0.7698155052887327
5	<code>roc_auc_score</code> на тестовых данных	~0.8877	~0.8878
6	<code>n_estimators</code>	60	640
7	<code>estimator__max_depth</code>	5	5
8	<code>estimator__min_samples_split</code>	12	4
9	<code>estimator__min_samples_leaf</code>	15	7

В заключении стоит сказать, что «крупная» версия классификатора превосходит обычную почти в 10 раз как по количеству деревьев, так и по времени на использование. Разница между ними в точности заметна лишь в 4-м знаке после запятой, что не так значительно, как разница во времени работы между версиями, что делает более крупную непригодной для использования в готовом продукте из-за недостаточного соотношения прироста в точности и затратами на использование.

Исходный код проекта, данные (тренировочные, тестовые, предсказания обоих классификаторов), сами классификаторы в сериализованном виде размещены в открытом доступе: <https://github.com/EliseevVadim/online-course-passing-predictions>

Список литературы

1. Метрики в задачах машинного обучения. Текст: электронный // Сайт Хабр. – 2017. – URL: <https://habr.com/ru/companies/ods/articles/328372/> (дата обращения: 25.09.2023).
2. How to Use Logistic Regression predict_proba Method in scikit-learn. Текст: электронный // SaturnCloud. – 2023. – URL: https://saturncloud.io/blog/how-to-use-logistic-regression-predict_proba-method-in-scikitlearn/ (дата обращения: 25.09.2023).
3. RandomForestClassifier. Текст: электронный // Официальная документация sklearn. – 2023. – URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.ensemble.RandomForestClassifier.html> (дата обращения: 25.09.2023).
4. CalibratedClassifierCV. Текст: электронный // Официальная документация sklearn. – 2023. – URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.calibration.CalibratedClassifierCV.html> (дата обращения: 25.09.2023).
5. Tuning the hyper-parameters of an estimator. Текст: электронный // Официальная документация sklearn. – 2023. – URL: https://scikit-learn.org/stable/modules/grid_search.html#successive-halving-user-guide (дата обращения: 25.09.2023).

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СОВРЕМЕННЫХ ЗАДАЧАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Бондаренко В.И., Федоров М.Д.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
bondarenko@donnu.ru, www.maksim.azot.dn@gmail.com

Введение. Сегодня искусственный интеллект все глубже и глубже проникает в нашу повседневную жизнь. Искусственные нейронные сети (ИНС) широко применяются при решении сложнейших задач [1]. В данной работе представлен обзор инструментов разработки ИНС различных видов с кратким описанием каждого из них. Представлена таблица сравнения описанных инструментов.

Искусственная нейронная сеть – математическая модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. ИНС обрабатывают входные данные через набор алгоритмов, обеспечивая высокую точность результата.

Цель – анализ наиболее популярных инструментов для разработки и создания ИНС, что может представлять интерес студентам, аспирантам и молодым ученым.

Основная часть. Методы и инструменты:

1) TensorFlow, разработанный компанией Google Brain, является одним из наиболее известных инструментов для создания искусственных нейронных сетей. Изначально создан для внутренних задач Google, но теперь доступен как свободное программное обеспечение под лицензией Apache 2.0, поддерживаемое активным сообществом на GitHub. Основным языком API – Python, но есть интерфейсы и для других. TensorFlow поддерживает разные ОС и различные типы процессоров (CPU, GPU, TPU), что делает его кросс-платформенным и подходящим для компьютеров и мобильных устройств. Для работы с GPU, необходима установка Anaconda и CUDA Toolkit. TensorFlow используется в сервисах Google, таких как, Google Cloud Translation и Google Photos, а также в системах диагностики человеческого здоровья [2]. Облегчает создание приложений для обработки речи, компьютерного зрения, классификации, машинного перевода и других задач искусственного интеллекта. TensorFlow также предоставляет инструменты для визуализации и мониторинга выполнения вычислений, но может быть сложным для новичков в машинном обучении.

2) OpenNN – открытое программное обеспечение для глубокого машинного обучения с лицензией GNU LGPL. Разработано компанией Artnics на C++ для эффективного использования памяти и высокой

производительности. Совместимо с CPU и GPU, требует OpenMP или CUDA Toolkit. Это кросс-платформенная библиотека с неограниченной возможностью создания слоев обработки в нейронных сетях. Для удобства есть программное обеспечение Neural Design с графическим интерфейсом, облегчающее работу с данными и результатами. OpenNN применяется в инженерии, энергетике и химии, но имеет высокий порог входа из-за нестандартной терминологии и параметров обучения.

3) Fast Artificial Neural Network (FANN) – библиотека глубокого обучения с открытым исходным кодом, разработана Стивеном Ниссенем в 2003 году [3]. Поддерживает CPU и GPU, кросс-платформенность, обширная документация и сообщество на GitHub. Предоставляет API для более чем 20 языков программирования и имеет графические интерфейсы для упрощения обучения. Использует метод обратного распространения для обучения нейронных сетей с оптимизацией скорости обучения. Однако поддержка проекта приостановлена с 2015 года, что вызывает неопределенность в будущем развитии.

4) Caffe – фреймворк, ориентированный на коммерческое использование, с фокусом на задачи классификации и сегментации изображений. Этот инструмент работает на различных ОС – Linux, macOS и Windows, и поддерживает как центральные процессоры, так и графические процессоры. Отличается высокой скоростью выполнения и простотой развертывания нейронных сетей, что делает его удобным для множества приложений. Caffe предоставляет возможность расширения функционала и поддерживает интерфейс Python [4]. Несмотря на свои преимущества, Caffe имеет недостатки – отсутствие интуитивного интерфейса и ограниченные возможности для моделирования рекуррентных нейронных сетей.

5) Amazon Machine Learning (AML) – управляемая служба для создания моделей машинного обучения. Разработана Amazon и поддерживает разнообразные задачи, включая бинарную классификацию, многоклассовую категоризацию и регрессию. Она работает как на CPU, так и на GPU, доступна для Windows, и может использоваться в различных областях, включая Prime Air и Amazon Go. AML предоставляет обширные инструменты для аналитики и имеет интуитивный интерфейс, подходящий как для новичков, так и для опытных специалистов.

6) Apache MXNet – система с API для машинного обучения, кросс-платформенность, работа на периферийных устройствах и облачные возможности благодаря интерфейсу Gluon [5]. Поддерживает ОС Linux, macOS, Windows, Android и iOS. Широко используется Apache, Microsoft, Apple и Samsung. Выполняет символьные вычисления и обладает высокой производительностью при поддержке архитектуры CUDA. Поддерживает несколько языков программирования – Python, R, JavaScript и Go, и включает предварительно обученные модели.

Все сравнительные результаты представлены в таблице.

Таблица

Сравнительная характеристика инструментов для разработки нейронных сетей

Параметр	TensorFlow	Open Neural Network	FANN	Caffe	Amazon Machine Learning	Apache MXNet
Создатель	Google	Artelnics	Steffen Nissen	BVLC	Amazon	Distributed MLC
Лицензия	Apache 2.0	GNU, LGPL	GNU, LGPL	BSD 2-	Amazon Software	Apache 2.0
Языки пр.	Python, C++, Java, Go, Swift	C++	Python, Ruby, C#, PHP, JS	C++, Python, MATLAB	Java, PHP, Python, Ruby, JS	C++, Python, R, JavaScript, Go
OS	Windows, MacOS, Linux	Cross Platform	Cross Platform	Linux, MacOS, Windows	Linux, MacOS, Windows	Linux, iOS, Windows, Android
Процессор	CPU, GPU+TPU	CPU, GPU	CPU, GPU	CPU, GPU	CPU, GPU	CPU, GPU
Выполнение на ПК	+	+	+	+	+	+
Выполнение на мобильном устройстве	-	+	+	-	-	+
Подходит для новичков	-	-	+	+	+	+

Заключение. Рассмотрены шесть наиболее популярных инструментов разработки искусственных нейронных сетей, которые различаются как по области применения, так и по техническим характеристикам. Данное исследование может быть полезно как для новичков, так и для опытных специалистов, которые могут найти здесь альтернативные средства для своих проектов.

Список литературы

1. Боровская Е.В., Давыдова Н.А. Основы искусственного интеллекта: учеб. пособие / Е.В. Боровская, Н.А. Давыдова. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 127с.: ил. – (Педагогическое образование). – ISBN 978-5-94774-480-4.
2. Орельен Жерон Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем / Жерон Орельен. – СПб.: ООО «Альфа-книга»: 2018. – 688 с. ISBN 978-5-9500296-2-2.
3. Нейронные сети – это просто. – Текст: электронный // Библиотека искусственных нейронных сетей. – 2005. – URL: <https://fann.sourceforge.net/> (дата обращения: 25.09.2023).
4. Официальный перевод учебника Caffe (6): Learning LeNet. – Текст: электронный. – URL: <https://russianblogs.com/article/48741424374/> (дата обращения 26.09.2023).
5. Apache MXNet Tutorial. – Текст: электронный. – URL: https://www.tutorialspoint.com/apache_mxnet/apache_mxnet_tutorial.pdf (дата обращения 27.09.2023).

О ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА УГЛЕПОРОДНЫХ МАССИВОВ

Глухов А.А., д-р техн. наук, *Решетняк Т.А.*, *Ребенок Е.В.*

ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела», г. Донецк, РФ
ranimi@ranimi.org

Введение. В последнее время для прогноза строения геологической среды широко используются микросейсмы – колебания земной поверхности с малой амплитудой. Пористые участки горных пород, области разуплотнения в районах тектонических разрывных нарушений приводят к уменьшению скоростей распространения сейсмических волн, что отражается на регистрируемых сигналах. Это явление лежит в основе использования микросейсм в качестве инструмента оконтуривания аномальных зон [1].

В настоящее время актуальна задача разработки специализированных программных средств анализа результатов микросейсмического мониторинга углепородных массивов. В ФГБНУ «РАНИМИ» ведется разработка такого комплекса. Краткое описание его возможностей представлено в данной статье.

Решаемые задачи. Данное программное обеспечения разработано с целью оценки возможности прогноза скоплений метана в зонах разломов на участках угольных шахт по результатам микросейсмического мониторинга. Оно обеспечивает чтение и обработку сейсмических записей значительной длительности (до 1 часа с шагом дискретизации по времени 0,05 с). В нем реализованы процедуры анализа результатов мониторинга на основе расчета амплитудно-частотных, энергетических характеристик полных сейсмозаписей, а также выбранных микросейсмических событий, представлены средства детектирования и анализа шумов искусственного и естественного происхождения.

Примеры использования. В рассматриваемом в данной статье случае четыре трехкомпонентных датчика устанавливались на территории посёлка Объединённый (г. Макеевка). На рисунке 1 в качестве иллюстрации представлен пример реальной записи длительностью 1 час.

При обработке микросейсм важное место занимает спектральный анализ, для выполнения которого предусмотрен специализированный модуль. На рисунке 2 представлены характерные для выбранного участка наблюдений спектры трех компонент волнового поля. Использована общепринятая для данных задач логарифмическая шкала по частоте.

Спектры условно могут быть разделены на три зоны. Первая от 0,03 до 0,05 Гц, вторая – от 0,05 Гц до 2 Гц, третья – свыше 2,00 Гц.

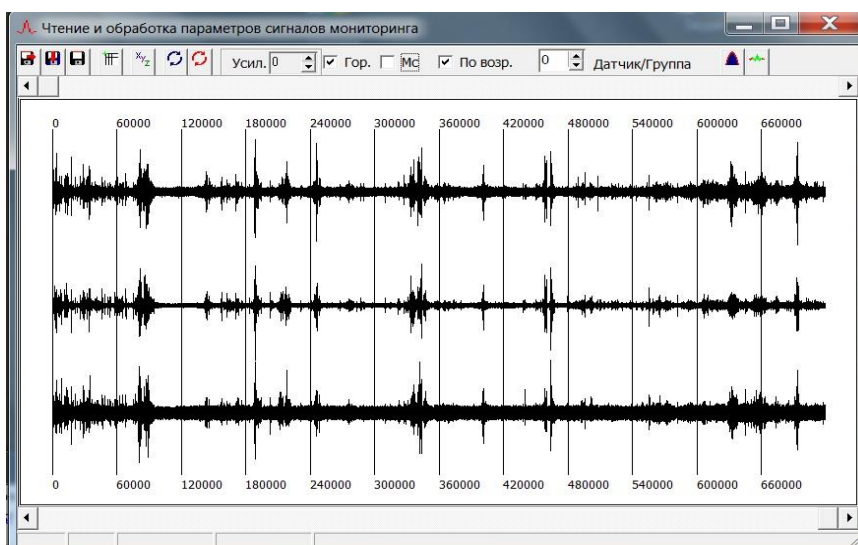


Рис. 1. Пример чтения трехкомпонентной записи длительностью 1 час

В плане последующих исследований интересна вторая зона, с преимущественно естественными шумами малой амплитуды с рядом характерных пиков на ряде частот (0,18 Гц, 0,35 Гц, 0,52 Гц и т.д.). Они являются основным объектом анализа. Третья зона – шумы оборудования добычных комбайнов шахты "Калиновская-Восточная", разрушаемого массива, шумы объектов поселка Объединенный.

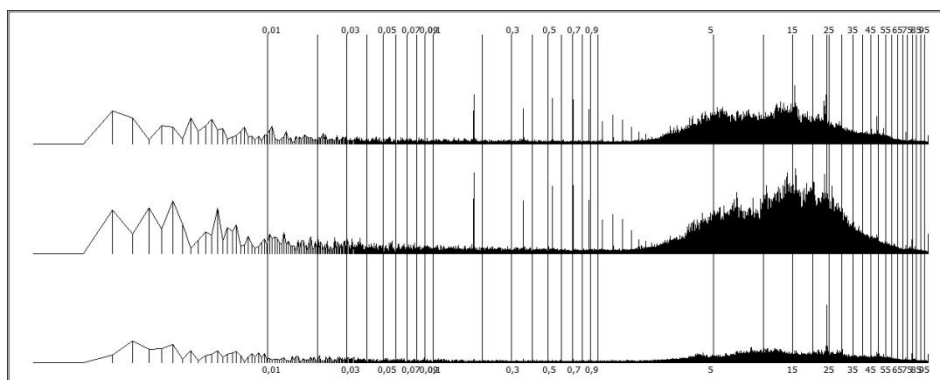


Рис. 2. Рабочее окно вывода спектральной характеристики трехкомпонентной записи

Горизонтальные и вертикальные колебания микросейсм, вызванные естественными причинами, как правило, подобны друг другу. По этой причине по отношению вертикальных и горизонтальных спектральных характеристик возможно оценить природу сигнала.

На рисунке 3 приведен результат расчета таких отношений для заданного приемника для всего диапазона частот. Верхний спектр соответствует спектральному отношению вертикальных и суммарных горизонтальных колебаний. Два нижних – спектральному отношению вертикальной составляющей к каждому из компонентов горизонтальных

колебаний. Видно, что в области свыше 2,00 Гц значения спектральных отношений велики, что может быть подтверждением искусственного происхождения микросейсм.

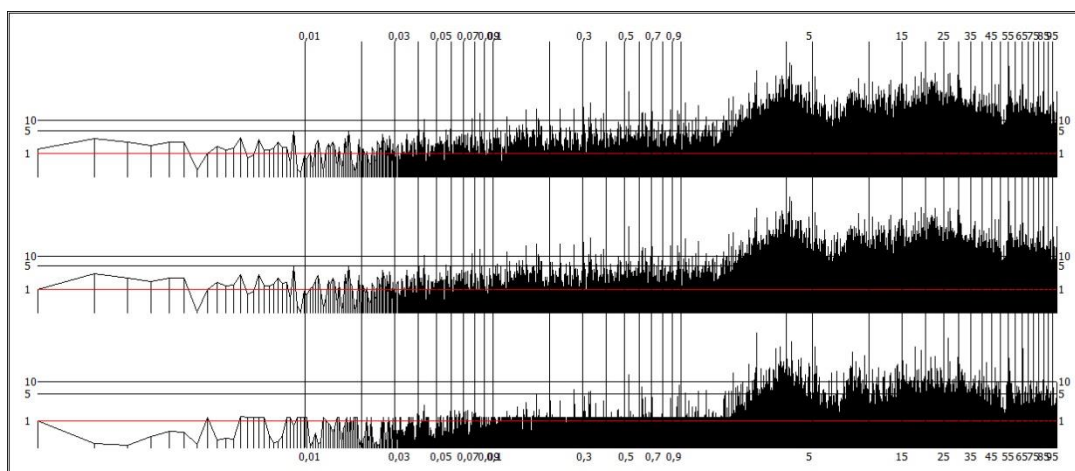


Рис. 3. Результат расчета спектральных отношений по [4] по полному диапазону частот

Кроме спектрального анализа в программном обеспечении реализованы инструменты корреляционного анализа между спектрами различных компонент волнового поля по отдельному сейсмоприемнику, по их набору, а также процедуры корреляционного анализа спектральных отношений. Формируется база данных наблюдений.

Выводы. Таким образом, в данной статье представлены основные возможности разработанного в ФГБНУ «РАНИМИ» программного комплекса обработки результатов микросейсмического мониторинга углепородных массивов. В настоящее время выполняется всесторонняя апробация программного обеспечения и формирование базы данных микросейсмического мониторинга на участке посёлка Объединённый (г. Макеевка) расположенном над полем шахты "Калиновская-Восточная". Полученные результаты накапливаются для детального анализа.

Список литературы

1. Горбатилов, А.В. Закономерности формирования микросейсмического поля под влиянием локальных геологических неоднородностей и зондирование с помощью микросейсм / А.В. Горбатилов, М.Ю. Степанова, Г.Е. Кораблев // Физика Земли. – 2008 – № 7 – С. 66 – 84.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ДИФФУЗИИ ВОДОРОДА В МЕТАЛЛАХ

Глухова Ж.Л., канд. физ.-мат. наук, доц.
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», Донецк, РФ
zhglukhova@yandex.ru

Введение. В области физики металлов и в металловедении в последние годы возрастает интерес к изучению процессов и явлений, связанных с взаимодействием водорода с металлами. Этот интерес вызван тем, что такие процессы и явления играют огромную роль в современных технологических процессах в сферах ядерной и водородной энергетики, обработки материалов и других областях науки и техники [1,2]. Конструктивные элементы химического и нефтехимического производств, ядерных реакторов, газопроводов, мембранных аппаратов подвергаются воздействию напряжений, связанных с наличием градиентов концентрации водорода. Изучение данных процессов невозможно без использования методов математического моделирования, реализованных в специализированных программных средствах.

В данной статье кратко изложены основные возможности разработанного в ДонНТУ программного обеспечения для моделирования процесса диффузии водорода в металлах, расчета возникающих при этом водородных концентрационных напряжений.

Решаемые задачи. Программное обеспечение предназначено для моделирования изменения концентрации водорода при его диффузии вдоль заданного направления в тех случаях, когда задачу можно свести к одномерной [3,4]:

- при одностороннем насыщении/дегазации водородом металлических пластин;

- при насыщении/дегазации водородных неоднородностей в форме шара в металлической среде.

Разработанное программное обеспечение имеет модульную структуру. Ключевые модули реализованы в виде динамически подключаемых процедур. Путем выбора модулей, соответствующих необходимому виду уравнений, начальных и граничных условий, можно использовать программное обеспечение для решения ряда подобных задач.

Идея моделирования заключается в решении системы нелинейных дифференциальных уравнений водородоупругости [4,5], которая описывает взаимообусловленное поведение водородных концентрационных полей и полей водородных концентрационных напряжений. Математически задача решается путем приведения данной системы уравнений

методом конечных разностей к системе линейных алгебраических уравнений. Переменными величинами являются значения концентраций водорода и смещений среды в точках вдоль заданного направления. Система решается по методу Гаусса с выделением главного элемента.

Процесс моделирования сводится к последовательному выполнению отдельных процедур, реализация которых зависит от конкретной задачи. Среди них: ввод необходимых исходных данных, начальных и граничных условий, расчет элементов матрицы, соответствующей той системе уравнений, которую необходимо решать согласно заданной модели. Далее в ходе итераций рассчитываются последовательные стадии распределения концентрации водорода, напряжений, смещения частиц среды, деформаций и иных величин вдоль заданного направления. По мере расчета выполняется отображение результатов в виде графиков распределения рассчитываемых характеристик (см. рис.).

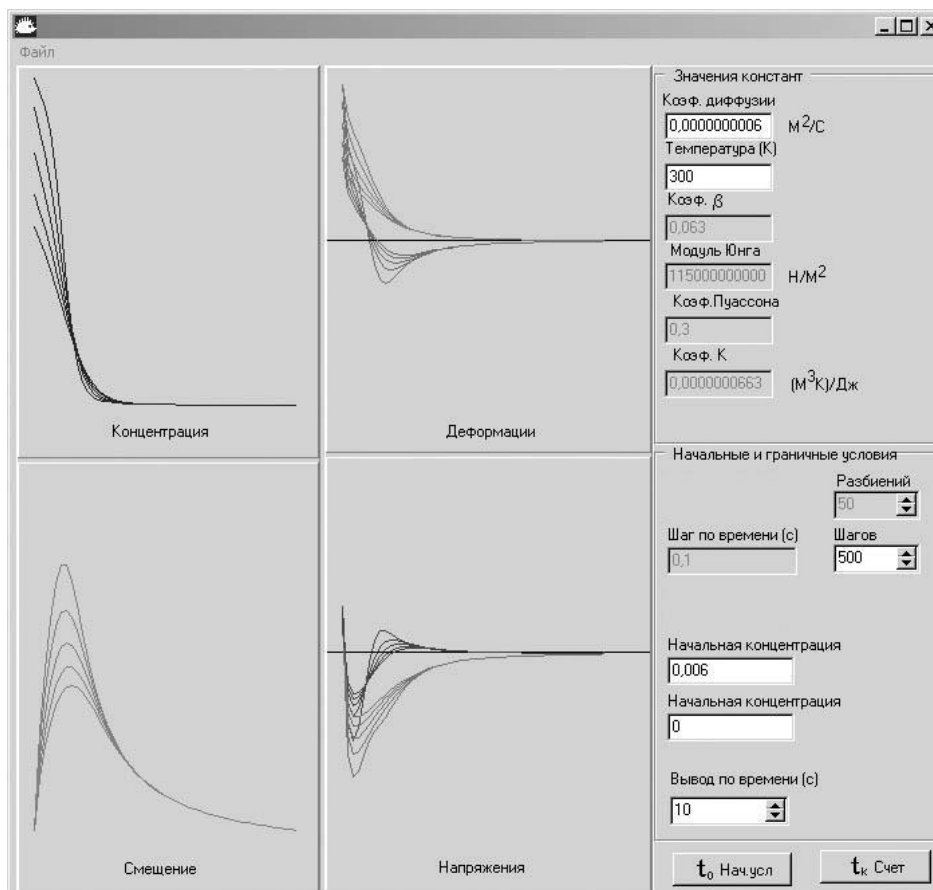


Рис. Основное рабочее окно программного обеспечения при отображении результатов расчетов

Результаты применения. Программное обеспечение успешно использовано для моделирования процесса диффузии водорода в металлах, расчета возникающих при этом водородных концентрационных напряжений. Его применение позволило теоретически обосновать наблюдаемое в реальных условиях замедление диффузии водорода в

металлах по сравнению с тем, что предполагается согласно уравнениям Фика [4], а также остаточные деформации металла в процессе насыщения/дегазации.

Расчеты позволили установить, что главной причиной изгиба палладиевых пластин при одностороннем водородном насыщении/дегазации является возникновение и последующая релаксация напряжений, вызванных градиентом концентрации водорода. Основной причиной остаточных изменений формы пластин являются остаточные градиенты концентрации водорода [5]. Они являются следствием замедления ВК- напряжениями процесса диффузии водорода. Этот же эффект проявляется и при дегазации неоднородностей в форме шара в металлической среде. Процесс диффузии замедляется настолько, что может выглядеть как стационарное состояние. Установлено влияние температуры на протекание данных процессов. Показано, что чем ниже температура, при которой происходит процесс диффузии, тем выше степень проявления остаточных явлений [5].

Заключение. В настоящее время работа по модернизации программного обеспечения ведется в плане расширения перечня решаемых задач. Предполагается реализовать моделирование с возможностью учета фазовых превращений и других факторов, влияющих на процесс диффузии водорода в металлах.

Список литературы

1. Линник, Ю.Н. Водородная энергетика и перспективы ее развития / Ю.Н. Линник, Е.Д. Фаляхова // Вестник университета. – 2023. – № 4. – С. 33–39.
2. Яковлев, Ю.А. Модели влияния водорода на механические свойства металлов и сплавов / Ю.А. Яковлев, В.А. Полянский, Ю.С. Седова [и др.] // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2020. – № 3. – С. 136-160.
3. Goltsov, V.A. Theory of Hydrogen Elasticity Phenomenon /V.A. Goltsov, T.A. Rumshina, L.I. Smirnov [and others] // Progress in Hydrogen Treatment of Materials, Edited by V.A.Goltsov. Donetsk–Coral Gables:»Kassiopeya Ltd», 2001. – P.95–107.
4. Goltsov, V.A. Hydrogen elasticity effect and its importance in diffusion of concentration inhomogeneities in metals / V.A. Goltsov, Zh.L.Glukhova, A.L. Redko // Int. Journal Hydrogen Energy. –1997. –Vol. 22. –P. 179–183.
5. Гольцов, В.А. Водородоупругое формоизменение палладиевой пластины. Теоретическое описание / В.А. Гольцов, Ж.Л. Глухова // Физика металлов и металловедение. – 2001. – Т. 91. – №3. – С. 21-25.

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ВХОДНЫХ ДАННЫХ

Голинковский Ю.А., Нестругина Е.С., канд. техн. наук, доц.,
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
yuragolinkovsky@yandex.ru

Введение. В настоящее время в современном мире существует множество разнообразных болезней, которые пагубно влияют на человека. Хоть люди и научились лечить большинство из них, однако, для того чтобы вылечить, необходимо правильно поставить диагноз. Таким образом, актуальной задачей является разработка такой системы диагностики, которая сможет спрогнозировать возможные заболевания благодаря огромному количеству знаний определенной направленности, содержащихся в ней и откорректированных специалистами, для дальнейшего использования с целью более точной диагностики заболеваний. Эта система может использоваться врачами для более корректной постановки диагноза [1].

Разработка легко настраиваемой системы, направленной на повышение точности и оперативности получения диагностического решения, является актуальной и востребованной на рынке современных медицинских технологий.

Данная работа посвящена разработке веб-сервиса, который включает в себя API для приложений диагностики заболеваний, которым могут воспользоваться разработчики для создания телеграмм-бота с графическим интерфейсом, использующим данные API, которым может воспользоваться даже обычный пользователь для предварительной диагностики заболевания.

Основная часть. Интерфейс приложений, именуемый frontend, обычно разрабатывается независимо от бизнес-логики приложения, называемой backend, которая включает сервис диагностирования заболеваний с использованием методов машинного обучения. Для взаимосвязи между этими независимыми приложениями передачи данных от одного приложения к другому, интеграции сторонних сервисов, реализации систем авторизации и аутентификации, необходимо связующее звено, которым и выступает веб-сервис. Он предоставляет методы API, с помощью которых frontend обращается к бизнес-логике, получает данные из базы данных, в которой хранятся данные для обучения, и по конечным точкам предоставляет возможность обратиться к методам для прогнозирования результатов по обученным моделям. Это позволяет вывести всю необходимую информацию пользователю в том виде, в

котором она будет ему понятна, при этом задействовав для столь сложных задач по машинному обучению и прогнозированию отдельный сервер, что повысит производительность, снизит нагрузку на frontend-приложение и улучшит пользовательский опыт пользования системой [2].

Для грамотной реализации веб-сервиса важно выбрать подходящий протокол и формат обмена данными для веб-сервиса, такой как RESTful API, GraphQL или SOAP, в зависимости от требований приложения и целей взаимодействия [3].

После анализа вариантов, для данного сервиса выбран RESTful API. Этот протокол довольно популярный и главными его преимуществами являются:

1. Простота и понятность.
2. Легковесность – работает поверх стандартного протокола HTTP.
3. Масштабируемость – может с легкостью обрабатывать большое количество запросов к серверу.
4. Сериализация данных – поддержка таких форматов, как JSON и XML.
5. Безопасность – поддерживает такие механизмы защиты, как токены и базовая аутентификация.
6. Кэширование – поддерживает кэширование данных на стороне клиента, что может снизить нагрузку на сервер и улучшить производительность [4].

Клиентская часть данной системы предоставляет возможность упростить процесс определения заболеваний, которые могут присутствовать у человека в текущий момент. Приложение определит все само, основываясь на ответах пациента, предоставит необходимую информацию, и подскажет, что нужно делать дальше. Поэтому актуальность разработки такой системы заключается в следующем:

1. Уменьшение потраченного времени, так как не нужно стоять в долгих очередях в больнице.
2. Возможность разработчику использовать данные для разработки других систем.
3. Упрощение медицинской диагностики, так как не нужно идти к врачу, чтобы установить свой диагноз.
4. Возможность использования на различных платформах, что открывает больший спектр потенциальных клиентов.
5. Исключение человеческих ошибок, которые могли бы быть вызваны неопытностью или усталостью доктора, ставящего диагноз.
6. Предоставление возможности получения дополнительной информации о заболевании и о методах лечения [5].

Веб-сервис предназначен для получения рядовыми пользователем ПК результатов диагностики своих заболеваний, а для разработчиков предоставляет данные, связанные с болезнями, симптомами и логикой

расчетов диагностирования. Интерфейс должен быть гибким и обеспечивать дружественное взаимодействие с пользователем, позволять на этапе проектирования и эксплуатации учитывать, с одной стороны, изменяющиеся потребности пользователя, а с другой, изменение знаний о предметной области. Это требование вытекает из того, что пользователи, которые пользуются системой не обладают профессиональными знаниями в области использования программы.

Веб-сервис диагностики заболеваний состоит из двух проектов: консольного приложения, который является телеграмм-ботом, и сервиса API, созданного с помощью ASP.NET Core и библиотеки для работы с машинным обучением Tensorflow. Роль API – обеспечивать взаимодействие между приложением бота и базой знаний, обрабатывать данные и выдавать результат по запросу приложения. Консольное приложение обрабатывает логику взаимодействия с телеграмм-ботом, создает интерфейс и делает запросы к API [4, 5].

Заключение. Результатом выполнения работы стал разработанный веб-сервис, позволяющий обычным пользователям использовать телеграмм-бот, отвечая на вопросы, получать вероятность возникновения возможных заболеваний, а разработчикам – пользоваться API для диагностирования заболеваний и создать новые веб-приложения посредством этого. Разработанное приложение отвечает всем требованиям предметной области и выполняет все поставленные ранее задачи. Разработанное приложение имеет простой и понятный интерфейс для прохождения тестирований и хорошую документацию API для разработчиков с возможностью тестирования запросов непосредственно в графическом интерфейсе.

В результате разработан готовый веб-сервис диагностирования заболеваний, который может предсказывать вероятности заболевания определенными болезнями, основываясь на ответах пользователя.

Список литературы

1. Лютикова Л.А., Шматова Е.В. Применение метода машинного обучения для решения задачи медицинской диагностики. // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. № 6 (104). – 2021.– С. 58 – 65.
2. Выучейская В.М., Крайнова И.Н., Грибанов А.В. Нейросетевые технологии в диагностике заболеваний (обзор) // Журнал медико-биологических исследований. 2018. №3. – С. 284-294.
3. Nguyen T. D. et al. Exploring API embedding for API usages and applications // IEEE/ACM 39th International Conference on Software Engineering (ICSE). – IEEE, 2017. – P. 438-449.
4. Flach P. Machine Learning: The Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data. Cambridge University Press. – 2012. – 396 p. ISBN: 978-1107096394.
5. Ashley I. Naimi, Laura B. Balzer Stacked generalization: an introduction to super learning. European Journal of Epidemiology. No. 33. – 2018. – P. 459–464.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ ПСИХИАТРИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Дубиневич К.А., Анастас К.В.,

ГОУ СПО «Приднестровский государственный медицинский колледж
им. Л.А. Тарасевича», г. Бендеры, ПМР
ksjui@mail.ru

Беседа в психиатрии является одним из важных методов диагностики заболеваний. Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в психиатрию предоставило возможность доктору выявить скрытые закономерности в иных данных – снимках, электрофизиологических сигналах, опросниках. Также алгоритмы оказывают социальную поддержку, тем самым помогают пациентам заботиться о своём психическом здоровье.

Выявить то или иное психиатрическое заболевание по диагностическим изображениям таким как КТ или МРТ-снимкам очень трудно, так как изменения в структуре мозга на снимке могут быть неспецифичными и напоминать другие заболевания, в том числе нейродегенеративные. Для того, чтобы достоверно различить эти состояния пациента врачу необходимо выполнить анализ клинической картины.

Благодаря современным технологиям все исследования становятся более информативными. Современные компьютерные модели производят вычисления для определения признаков нормы или патологии. Врач получает дополнительную диагностическую информацию при ряде заболеваний: депрессивном расстройстве, шизофрении, синдроме дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ), расстройствах аутического спектра.

Учёные из университета Альберты в Канаде изучили наследственность как фактор риска шизофрении. Их информационная модель EMPaSchiz предсказывает вероятность возможного заболевания у ближайших родственников пациента с шизофренией. Анализ проводился для данных магнитно-резонансной томографии (МРТ). [2]

Искусственный интеллект выделил 12 участников из 55, поместив их в группу вероятной шизофрении. Им предложили пройти опрос, по результатам которого выявили черты шизотипического типа личности. Технология не заменяет обследование специалиста, но помогает выявить пациентов в группе риска.

ИИ ускоряет анализ МРТ, решая разные клинические задачи. Благодаря искусственному интеллекту, который распознаёт функциональные отделы мозга, выделяя цветом зрительные, моторные и слуховые зоны, есть возможность планирования операций у пациентов с онкологией.

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) – тест в психиатрии, который измеряет электрическую активность головного мозга. К коже головы пациента прикрепляют электроды. Нервные клетки создают импульсы, которые регистрируются в виде графика с волнистыми линиями.

Шизофрения – одно из самых распространённых психических расстройств, сопровождающееся галлюцинациями, потерей памяти и нарушением внимания. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), шизофренией страдают примерно 20 миллионов человек во всём мире. Своевременная диагностика и лечение помогают управлять симптомами.

Учёные считают что ЭЭГ является ценным в диагностике шизофрении, используя информационные алгоритмы. В одном исследовании представили сигнал ЭЭГ в новом формате, а затем обучили ИИ анализировать его. Технология требует выполнения нескольких шагов:

1. Данные ЭЭГ преобразуются в RGB-изображения: графики с волнами становятся красно-зелёно-синими градиентами.

2. Нейросеть обрабатывает изображения, проводя необходимые вычисления.

3. ИИ предполагает, на что указывают данные ЭЭГ: на норму или патологию. [3]

Результаты получились воодушевляющими: точность этого метода достигла 98,33%. Но пока участие приняло небольшое количество пациентов, поэтому учёные планируют расширить исследование.

Чтобы изучить факторы риска сезонного аффективного расстройства (САР) команда исследователей из Исландии использовала компьютерный алгоритм. При данном заболевании у пациентов зимой наблюдаются депрессивные симптомы, а весной наступает улучшение самочувствия.

Исследование проводилось в летнее время года. Участников попросили пройти ряд некоторых тестов, включая ЭЭГ, и заполнить опросник, чтобы можно было оценить их текущее психическое состояние. Искусственный интеллект анализировал данные, чтобы предсказывать уровень депрессивных симптомов зимой. Результаты работы модели – 85% специфичности и 82% чувствительности.

Благодаря информационным моделям можно изучить электрическую активность мозга при других заболеваниях, например эпилепсии.

Технологии виртуальной реальности (VR) позволяют пользователю погрузиться в смоделированный мир. Для этого используются специальные устройства: шлем, оснащённый дисплеем, наушники, устройства для ручных манипуляций и навигации по трёхмерному миру.

Данные технологии с недавних пор начали активно внедряться и в область психиатрии, так как они открывают новые возможности для диагностики и лечения, такие как:

- преодоление психологических барьеров, стигматизации и боязни традиционных методов лечения;

- возможность предоставить помощь в разных экономических и географических условиях;
- адаптация информационных моделей под потребности пациента;
- улучшение взаимодействия с окружающим миром.

Для того, чтобы помочь людям, страдающим социально-тревожным расстройством, специалисты из Канады объединили VR с методами когнитивно-поведенческой терапии. Это дало возможность пациентам отработать в виртуальном мире социальные сценарии, вызывающие страх и тревогу. Например, при выступлении перед большой аудиторией пациент использовал беспроводную компьютерную мышь и головной дисплей, чтобы взаимодействовать с виртуальными собеседниками, при этом каждый сеанс проходил под контролем врача.

Для лечения людей, страдающим бредом преследования, то есть обладающих ошибочной убежденностью, что за ними следят и стремятся причинить какой-либо вред, учёные из Оксфорда также использовали VR. Для этого пациентов помещали в смоделированную среду, например в метро или лифт. По мере привыкания пациента к компьютерной реальности, в неё добавлялись новые виртуальные люди. При этом участники исследования получили возможность оценить беспочвенность своих страхов, выработать альтернативные стратегии поведения, научиться управлять возникающим стрессом.[1]

Доказано, что использование искусственного интеллекта поможет пациентам чувствовать себя увереннее в реальных социальных ситуациях.

Список литературы

1. Алтамиров, С. А. Использование информационных технологий в деятельности врача-психиатра / С. А. Алтамиров. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2016. – № 29 (133). – С. 200-203. – URL: <https://moluch.ru/archive/133/37363/> (дата обращения: 22.09.2023).
2. Иванов В. Г. Применение современных информационно-коммуникационных технологий в психотерапевтической и психологической практике (обзор зарубежных исследований) / В. Г. Иванов, Е. Ю. Лазарева, Е. Л. Николаев // Проблемы современного педагогического образования. – 2017. – № 57. – С. 321–329
3. Кузьмина А. С. Виртуальная реальность как средство безопасного контакта с травмирующей реальностью в психотерапии / А. С. Кузьмина // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2014. – №3. – С. 74–81

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ НА МОЗГ

Дубиневич А.А., Анастас К.В.

ГОУ СПО «Приднестровский государственный медицинский колледж
им. Л.А. Тарасевича», г. Бендеры, ПМР
ksjui@mail.ru

Головной мозг выполняет механизмы всех систем и органов, включающих слух, зрение, речь, внимание, память. Поэтому методы диагностики патологий центральной нервной системы должны всегда быть максимально безопасные, качественные для дальнейшего выздоровления после операционных вмешательств.

Наиболее современной отраслью медицины можно назвать нейрохирургию, так как главным приоритетом ее является оперативное лечение заболеваний, патологий, дефектов головного мозга, периферической и центральной нервной системы, вызванных травмами, новообразованиями или врожденными аномалиями, опухолевые заболевания.

Операции на мозг – это опасное и радикальное мероприятие, которое может решить ряд серьезных патологий. Делают операцию только квалифицированные нейрохирурги, и именно от качества их работы зависят шансы человека на жизнь, когда остальные методы не принесли положительных результатов.

В случае ранений или каких-либо травм проникающего типа, а также при блокировании кровотока при тромбозе или ударе оперативное вмешательство будет экстренным. Кроме того, срочные процедуры необходимы при инсультах, абсцессах. Что касается плановых операций, они проходят согласно врачебным показаниям. [4]

В современном мире в отрасли медицины появились современные технологии нейрохирургии и микрохирургии, снижающие степень инвазивности операций. Использование искусственного интеллекта (ИИ), способного создавать компьютерные модели при планировании операций, позволяет заранее оценить риски, чтобы уменьшить вероятность осложнений. Кроме того, ИИ обеспечивает информационную поддержку врача (в случае, когда специалист сталкивается со сложной ситуацией, он получает советы в режиме реального времени).

Развитие минимально инвазивной видеоэндоскопической нейрохирургии на сегодняшний день считается одним из основных путей совершенствования оперативного лечения поражений головного мозга. Данный вид хирургии обеспечивает расширение хирургической доступности патологических образований при существенном снижении травматичности вмешательства. [2]

Нейроэндоскопия является не просто новейшим техническим средством, а полноценным методическим принципом, объединяющим современные оптические технологии, микрохирургию и стереотаксис. Оценка проводимых манипуляций за пределами прямой видимости через операционную рану под оптическим увеличением, а также обеспечение обзора внутричерепных структур являются существенными особенностями оперативной нейроэндоскопии.

Внедрение видеоэндоскопии в хирургию обеспечивает лучший обзор скрытых, но важных структур в глубине раны, без усиления ретракции мозга, без дополнительной резекции его участков и без расширения костного доступа. Современные диагностические возможности совместно с микрохирургической техникой и интраоперационным эндовидеоконтролем позволили на практике увеличить результаты лечения больных. [1]

Учеными выявлено, что эндоскоп может использоваться при различной патологии головного мозга в трех режимах: для интраоперационной диагностической видеоэндоскопии, проведения трансэндоскопических оперативных вмешательств и видеоэндоскопической ассистенции. Кроме того, доказано, что применение интраоперационного эндовидеоконтроля более точно показывает анатомические взаимоотношения опухоли и функционально важных образований головного мозга. Благодаря этому значительно уменьшается вероятность травмирования жизненно важных структур при удалении опухолей III желудочка, гетеротопических опухолей глубинной локализации и позволяет улучшить результаты лечения.[5]

Так, при коллоидных кистах III желудочка и супратенториальных дермоидных кистах видеоэндоскопическая ассистенция позволяет тотально удалить капсулу.

При краниофарингиомах, выполняющих III желудочек с окклюзией ликворных путей, эндовидеоконтроль позволяет находить участки опухоли, невидимые при прямолинейном обзоре, тем самым создавая условия для их радикального удаления.

При опухолях задних отделов III желудочка трансэндоскопическое вмешательство позволяет провести полноценную ревизию, биопсию опухоли и одновременно тривентрикулоцистерностомию с последующей химио – лучевой терапией или оперативным вмешательством из субтенториально – супрацеребеллярного доступа.

Наряду с традиционными методами лечения пациентов с супратенториальными арахноидальными и внутримозговыми кистами, трансэндоскопическое кистовентрикулярное или кистоцистернальное шунтирование является более эффективным и малотравматичным.

Метод удаления супратенториальных внутримозговых гематом нетравматического происхождения с видеоэндоскопической ассистенцией является более щадящим и эффективным, что позволяет снизить

послеоперационную летальность и улучшить результаты лечения. Показано, что при медиально и смешанно расположенных гематомах и, особенно при прорыве их в желудочковую систему, не надо стремиться к радикализму. Удаление жидкой части крови и не фиксированных сгустков с дренированием желудочков и полости гематомы под эндовидеоконтролем позволяет устранить внутричерепную гипертензию и окклюзию ликворных путей. [3]

Благодаря оптическому увеличению у хирурга появляется возможность видеть мельчайшие структуры, что позволяет выполнять ранее невозможные операции. Так, стали доступные операции для радикального удаления опухоли на сосудах головного мозга, расположенные вблизи ствола головного мозга.

Внедрение в работу микроскопа делает нейрохиргию по-настоящему ювелирной специальностью, а мозг пациента приобретает заслуженно деликатное, бережное отношение.

Современная микрохирургическая техника позволяет значительно снизить травматичность операции. Это зачастую позволяет пациенту заметить улучшение самочувствия сразу после вмешательства и быстрее восстановиться после операции.

К сожалению, на сегодняшний день не каждое лечебное учреждение может позволить себе внедрение современной новейшей техники из – за ее высокой стоимости.

Список литературы:

1. Владимирский А. В. Диагностическая точность и надежность технологий искусственного интеллекта в реальных клинических условиях // доклад на конгрессе «Информационные технологии в медицине – 2021».
2. Дмитриев В., Павел К., Ледяева А., Болотова С., Шадеркин И. Телемедицина в мире. Обзор. Тренды. Актуальная ситуация. Перспективы развития. EverCare. 2021.
3. Карась С. И. Виртуальные пациенты как база проблемно ориентированной подготовки врачей-кардиологов / Карась С. И., Аржаник М. Б., Кара-Сал Э. Э. [и др.]// Бюллетень сибирской медицины. – 2020. – Т. 19., № 4. – С. 207–214. 21. Международная ассоциация медицинской информатики (International Medical Informatics Asociacion – IMIA): <http://imia-medinfo.org/wp/>. Дата обращения: 07.03.2022.
4. Карпов О. Э., Храмов А. Е. Прогностическая медицина. Врач и информационные технологии. 3, (2021) 20–37.
5. Кобринский Б. А. "Умная" больница как инструмент цифровой медицины / Б. А. Кобринский // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2018. – № 4. – С. 3-14. – DOI 10.14357/20718632180401

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ТРЕНДОВ МОДНОЙ ОДЕЖДЫ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ С ГЛУБОКИМ ОБУЧЕНИЕМ

Евдачёва Е.Д.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк , РФ
katusha372002@mail.ru

Введение. Модная одежда является динамичной и быстро развивающейся отраслью. Каждый сезон появляются новые тренды и стили, определяющие направление модного мира. Прогнозирование и детектирование трендов модной одежды имеет огромное значение для дизайнеров, производителей и розничных магазинов, позволяя им адаптироваться к меняющимся предпочтениям и вкусам потребителей. В последние годы нейросети с глубоким обучением стали мощным инструментом для анализа и предсказания модных трендов. В данной статье мы рассмотрим подходы к прогнозированию и детектированию трендов модной одежды с использованием нейросетей с глубоким обучением.

Традиционные подходы к прогнозированию модных трендов включают анализ и изучение показателей модных показов, трендов в уличной моде и предпочтений потребителей. Однако эти методы не всегда могут предсказать будущие тренды с высокой точностью.

Вместо этого, использование нейросетей с глубоким обучением может предоставить новый подход к прогнозированию и детектированию модных трендов. Нейронные сети могут анализировать множество данных, включая фотографии моделей, стили одежды и социальные медиа. Благодаря своей способности выявлять сложные и неочевидные взаимосвязи в данных, нейросети могут детектировать новые модные тренды и предсказывать их будущую популярность [1]

Важность темы "Прогнозирование и детектирование трендов модной одежды на основе использования нейросетей с глубоким обучением" определяется несколькими пунктами:

1. Модная индустрия является огромным рынком и имеет огромный экономический потенциал. Использование нейросетей с глубоким обучением может помочь дизайнерам в анализе огромного объема данных и выявлении паттернов, которые не всегда очевидны для человеческого анализа.

2. В современном мире мода меняется со всевозрастающей скоростью. Использование нейросетей позволяет быстро обрабатывать и анализировать огромный объем данных, что позволяет более точно и оперативно предсказывать будущие модные тренды.

3. Глубокое обучение и нейросети являются активно развивающимся направлением в сфере искусственного интеллекта. Они предлагают новые возможности для анализа и прогнозирования сложных и неструктурированных данных.

Актуальность использования прогнозирования и детектирования модных трендов с помощью нейросети определяется тем, что повышается эффективность поиска и появляется возможность оперативно прогнозировать неструктурированные данные, учитывая индивидуальные предпочтения пользователей.

Цель темы "Прогнозирование и детектирование трендов модной одежды на основе использования нейросетей с глубоким обучением" – это исследование и разработка методов и алгоритмов, которые позволят прогнозировать и детектировать модные тренды в индустрии моды с высокой точностью и надежностью.

Результат. Прежде чем приступить к прогнозированию и детектированию трендов модной одежды, необходимо будет провести анализ данных и подготовку. В первую очередь, необходимо собрать данные о модных коллекциях, фотографии моделей в различной одежде, информацию о брендах и стилях. В качестве моделей для обучения используют открытые dataset, в которых показаны фото и описание моделей одежды. На основе этих баз сети изучают пиксели и передают информацию в слои, которые имеют модели классификации. Эти данные будут использоваться для обучения нейросетей.

Далее необходимо провести предварительную обработку данных, включающую аугментацию изображений, нормализацию и фильтрацию. Аугментация изображений позволяет увеличить разнообразие обучающих данных путем применения преобразований, таких как поворот, масштабирование, изменение контрастности и яркости. Нормализация данных позволяет привести их к одному формату и диапазону значений, улучшая обучение нейросетей. Фильтрация данных поможет удалить шум и выбросы, которые могут негативно повлиять на обучение модели.

С использованием нейросетей с глубоким обучением можно применить различные подходы к прогнозированию и детектированию трендов модной одежды. Рассмотрим два основных подхода:

1. Классификация – подход классификации заключается в обучении нейросетевой модели на размеченных данных для определения принадлежности конкретного объекта к тому или иному тренду. Нейросетевая модель может состоять из сверточных слоев для извлечения признаков из изображений и полносвязных слоев для принятия решения о классификации. Для обучения модели необходимо подготовить размеченные данные, где каждая модель или изображение имеет соответствующую метку тренда.

Генерация – подход генерации заключается в обучении нейросетевой модели на неразмеченных данных для создания новых моделей или

изображений, соответствующих определенному тренду. Генеративные модели, такие как глубокие генеративные состязательные сети (GAN), позволяют создавать новые варианты моделей и изображений, основываясь на имеющихся данных. Обучение GAN может быть сложным процессом, требующим большого объема данных и ресурсов, но результаты могут быть впечатляющей и вдохновляющей новизной. [2]

После обучения нейросетевых моделей на размеченных или неразмеченных данных, можно будет приступить к прогнозированию и анализу трендов модной одежды. Прогнозирование трендов может осуществляться на основе предсказаний классификационной модели или посредством генерации новых моделей или изображений на основе генеративной модели.

Анализ трендов может включать в себя распознавание популярных стилей и марок, выявление сезонных изменений и динамики моды, а также анализ социальных медиа и влияния инфлюэнсеров на тренды. Нейросетевые модели позволяют автоматизировать этот процесс и обработать большие объемы данных для выявления важных закономерностей и тенденций.

Заключение. Использование нейросетей с глубоким обучением становится все более популярным в прогнозировании и детектировании трендов модной одежды. Классификационные модели позволяют определить принадлежность объектов к конкретным трендам, а генеративные модели позволяют создавать новые варианты моделей и изображений, основываясь на имеющихся данных. Прогнозирование и анализ трендов модной одежды с использованием нейросетей может помочь дизайнерам, производителям и магазинам адаптироваться к меняющимся модным предпочтениям и предложить продукцию, соответствующую современным требованиям потребителей.

Список литературы

1. Мода на нейросети: искусственный интеллект для модных домов. Текст: электронный //Сайт «HSE ART AND DESIGN SCHOOL» – 2023 -URL: <https://hsedesign.ru/project/79e08b1c395b428486543aaf77a57f52> (дата обращения: 24.09.2023)
2. Будь своей собственной Prada. Текст: электронный //Сайт «Cornell University» – 2023 -URL: <https://arxiv.org/abs/1710.07346> (дата обращения: 24.09.2023)

ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫЕ СЕТИ, КАК ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО КОНТЕНТА

Елфимов Н.В., Марков Д.Н., Ермилов В.В.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»,
г. Екатеринбург, РФ
Korpin_aa@usue.ru

Введение. В современном мире, где цифровые технологии находят свое отражение во всех сферах деятельности человека, всегда возникает потребность в понимании и способе применения активно развивающихся технологий. Таковыми являются нейронные сети, которые подобно человеческому восприятию могут взаимодействовать с цифровой информацией, так компьютеры способны генерировать изображения, музыку, текст и многое другое [2, 4]. Это стало возможным благодаря технологиям машинного обучения, называемой генеративно-состязательными сетями (GANs).

Теоретические аспекты генеративно-состязательных сетей. Генеративно-состязательные сети, или GANs, представляют собой класс искусственных нейронных сетей, которые используются для генерации данных. Они были предложены Ианом Гудфеллоу и его коллегами в 2014 году и с тех пор получили широкое применение в различных областях, включая компьютерное зрение, музыку и генерацию текста. Данная нейронная сеть базируется на двух основных компонентах генератор (Generator) и дискриминатор (Discriminator) [5]. Компонент генератор представляет собой нейронную сеть, которая генерирует новые данные, такие как изображения, он старается создать данные, которые похожи на образцы из обучающего набора. В свою очередь дискриминатор –это другая нейронная сеть, которая оценивает данные и пытается определить, являются ли они реальными (принадлежат обучающему набору) или сгенерированными генератором. Если схематично посмотреть на данный процесс генерации и подбора данных, то можно получить схему представленную на рисунке, где на входе в генератор $G(Z)$ есть пул не обработанных данных, которые называются шум Z , а на выходе получают сгенерированные данные \bar{X} , предназначенные для считывания и идентификации дискриминатором $D(X)$, который в свою очередь имеет представление о «правильных» исходных данных для сравнения их с \bar{X} . Важным является то, что дискриминатор или подтверждает правильность и соответствие сгенерированных данных относительно исходных «правильных» значений или нет, тогда в свою очередь генератор принимает резуль-

тат и с учетом полученного ответа продолжает генерировать и делать данные \bar{X} более качественными и достоверными для дискриминатора [1].



Рис. Принцип работы генеративно-сопоставительной сети

Обучение GAN – это процесс, который требует тщательной настройки и оптимизации, для данного процесса необходимо выполнить следующие этапы:

1. создание случайных скрытых векторов. В рамках данного этапа на каждой итерации генерируются случайные векторы из нормального распределения, используемые в качестве входных предикторов и значений для генератора;

2. генерация и выбор случайных настоящих изображений. Генератор получает на вход случайные векторы и пытается создать изображения, которые максимально похожи на настоящие из обучающего набора, после отбирает случайные изображения из обучающего набора для использования в обучении;

3. создание меток и обучение дискриминатора. Создаются метки изображений, которые указывают, являются ли изображения реальными или сгенерированными. После дискриминатор обучается различать реальные и сгенерированные изображения;

4. обучение генеративно-сопоставительной сети и вывод прогресса. Обучение основывается на стремлении к улучшению способности генератора создавать более качественные изображения, получая информацию о потерях для дискриминатора, как следствие для реализуемой нейронной сети на каждой итерации, отражающего прогресс обучения.

Отражение алгоритма машинного обучения gan на создание графической информации. Генеративно-сопоставительные сети (GANs) предоставляют множество возможностей для создания искусственного контента. Начиная от генерации текстовой информации заканчивая созданием полноценного цифрового изображения.

Одним из ярких способов применения GANs является возможность создания фотореалистичных изображений, которые могут быть визуально неразличимы от фотографий, сделанных настоящей камерой. Что в свою очередь влияет на области применения, связанные с графическим дизайном, где могут создаваться уникальные и креативные дизайны для веб-сайтов, рекламных материалов и многое другое, а также в сфере компьютерных игр, при реализации текстур, окружения и персонажей для игр, делая игровой мир более реалистичным и увлекательным, тем самым

прощая процесс создания игры. Можно отметить и сферу киноиндустрии, где GAN могут быть использованы для создания спецэффектов, а также для восстановления и реставрации старых фильмов [3].

Не мало важным являются и влияние цифровых технологий на сферу искусства, так применение генеративно-состязательные сети открывает возможности к созданию новых уникальных произведений искусства, иллюстраций для книг, комиксов и детской литературы, генерациями дизайнерских концепций для интерьеров и мебели.

Заключение. Генеративно-состязательные сети (GANs) представляют собой мощный инструмент для генерации данных в различных областях, представляющие собой мощную технологию, которая способствует развитию процесса создания цифрового контента. Влияние новых технологий существенно изменяют и модернизируют основы работы и процессы создания цифровой информации. Представленная искусственная нейронная сеть позволяет создавать высококачественный контент в различных областях, от изобразительного искусства до музыки и видео. Однако с развитием этой технологии возникают и этические вопросы, связанные с подделкой контента и безопасностью данных.

Список литературы

1. Jason Brownlee. Generative Adversarial Networks with Python: Deep Learning Generative Models for Image Synthesis and Image Translation// Machine Learning Mastery, 2019.
2. Копнин, А. А. Аппаратная оптимизация работы нейронных сетей с использованием аналоговых вычислительных машин для корпоративных информационных систем / А. А. Копнин, К. А. Розендаль // Материалы X Международной научно-практической очно-заочной конференции, Екатеринбург, 02 декабря 2022 года / Уральский государственный экономический университет, 2023. – С. 18-23. – EDN CNOHEO.
3. Левин, А. О. Использование генеративно-состязательных сетей для генерации изображений по тексту / А. О. Левин, Ю. С. Белов // Научное обозрение. Технические науки. – 2023. – № 2. – С. 11-15. – DOI 10.17513/srts.1427. – EDN FJZRPS.
4. Назаров, Д. М. Цифровые технологии и интеллектуальные модели / Д. М. Назаров. – Казань : Общество с ограниченной ответственностью "Бук", 2022. – 192 с. – ISBN 978-5-00118-993-0. – EDN YCNCNG.
5. Степанов, П. П. Искусственные нейронные сети / П. П. Степанов. – 2017. – No 4 (138). – С. 185–187. – URL: <https://moluch.ru/archive/138/38781>.

ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ РАСТЕНИЙ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Ермоленко Т.В., канд. тех. наук, доц., *Васильев Д.А.*
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
t.ermolenko@donnu.ru, nikewalce1@gmail.com

Введение. Своевременная идентификация болезней растений, предотвращающая значительные урожайные потери и нарушения экосистем, имеет экономическое и экологическое значение. Эта задача может быть решена с помощью методов компьютерного зрения, прорыв в этой области принадлежит методам глубокого обучения.

Использование глубоких нейросетей для решения задачи обнаружения заболеваний растений связано с рядом трудностей: небольшая разница между зоной поражения и фоном, низкий контраст, большие различия в масштабе зоны поражения, в форме, размере, текстуре, цвете, в расположении для различных типов заболеваний, а также многочисленные помехи на изображении, вызванные окклюзиями и условиями естественного освещения при сборе изображений болезней растений.

В связи с вышесказанным разработка эффективных средств диагностирования заболеваний растений, устойчивых к различным условиям окружающей обстановки и помехам на изображении, представляет собой актуальную задачу.

Технологии глубокого обучения в задачах диагностики заболеваний растений. Диагностирование болезней растений использует детекцию (определение региона интереса, ROI) элементов растения на изображении и классификацию заболевания. Модель детекции определяет области, содержащие элементы растений, после чего для этих областей проводится классификация типа заболевания, если оно обнаружено.

Современные технологии глубокого обучения для анализа изображений базируются на свёрточных нейронных сетях (Convolutional Neural Network, CNN). CNN включает в себя слои: входной, свертки, пулинга, полносвязный и выходной. Чередование слоев свертки и пулинга позволяет выделять многоуровневые признаки, в результате чего получается карта признаков для распознавания изображений, наиболее эффективными классификаторами являются архитектуры ResNet, AlexNet, GoogleLeNet, VGGNet, InceptionV4, EfficientNet.

Методы глубокого обучения для детекции объектов основаны на CNN и классифицируются на one-stage (сеть с одним проходом) и two-stage (сеть с двумя проходами) [1]. Их основное различие заключается в том, что one-stage сеть напрямую использует извлеченные из нее признаки как и

для прогнозирования местоположения объекта, так и для его классификации. Сеть two-stage генерирует предположение о полекандидате, которое может содержать объект, а затем уточняет вероятности нахождения там объекта.

Для выбора эффективных архитектур сетей для детекции объектов использованы данные платформы Papers with Code, которая создана для сбора наилучших результатов в задачах машинного зрения, опубликованных в оригинальных статьях. На официальном сайте paperswithcode.com представлены результаты тестирования state-of-the-art (SOTA) проектов на разных датасетах. Наиболее эффективными моделями детекции объектов среди one-stage являются YOLOv3 [2], SSD (Single Shot MultiBox Detector) [3], EfficientDet [4], среди two-stage – Faster R-CNN [5].

Архитектура YOLO состоит из 24 сверточных слоёв, за которыми следуют 2 полносвязных слоя. В YOLOv3 формируется трёхмерная карта признаков с понижением размерности входного изображения в 32, 16 и 8 раз, а для возможности многоклассового предсказания в YOLOv3 softmax-функция заменена независимым логистическим классификатором с применением бинарной функции потерь кросс-энтропии.

SSD основана на VGG-16, которая генерирует множество ограничивающих блоков фиксированного размера и оценок определения объектов в этих блоках с последующим формированием итоговой оценки детекции. В SSD добавлен набор вспомогательных сверточных слоев, что позволяет извлекать объекты в нескольких масштабах и постепенно уменьшать размер ввода для каждого последующего слоя. Каждый добавленный векторный слой может создавать фиксированный набор предсказаний локализации. Множество связывающих с каждой ячейкой карты ограничивающих блоков для нескольких карт признаков разбивает карту признаков так, что положение каждого блока относительно соответствующей ячейки фиксировано. В каждой ячейке карты пространственных объектов предсказываются смещения относительно объектов в ячейке, а также оценки по классам, которые указывают на наличие экземпляра класса в каждой из этих ячеек.

EfficientDet разработана на основе быстрой и точной архитектуры EfficientNet, для повышения точности распознавания использует пирамидальные двунаправленные сети. Стандартное масштабирование заключается в произвольном увеличении глубины или ширины ядер свертки CNN или в большем разрешении входного изображения. В отличие от традиционных подходов, EfficientNet равномерно масштабирует каждое измерение с фиксированным набором коэффициентов масштабирования [4].

FasterR-CNN состоит из трёх основных частей:

- генерация признаков для формирования из входного изображения 3x-мерного тензора признаков. В качестве такого генератора выступают классифицирующие сети (например, VGG, ResNet) без полносвязных слоёв;

- Region Proposal Network (RPN) по тензору признаков генерирует некоторое количество ROI;

- полносвязная сеть, определяющая для каждого ROI по соответствующей ему части тензора признаков класс содержащегося в нем объекта.

Для эффективной работы глубоких сетей необходим большой набор обучающих данных. Однако, унифицированные и крупные датасеты для обнаружения болезней растений отсутствуют. Среди доступных датасетов следует отметить PlantVillage, который необходимо пополнять самостоятельно собранными данными из реальных условий полевых исследований. Этот процесс осложняется из-за разнообразия классов заболеваний, условий съемки и разнообразных фоновых изображений.

Заключение. Несмотря на то, что методы глубокого обучения для обнаружения болезней растений обеспечивают точное и быстрое обнаружение болезней растений, они имеют ряд трудностей, связанных с отсутствием размеченного датасета большого объема, а также влиянием на точность моделей качества изображения, окклюзий, а также различных условий естественного освещения и окружающей обстановки.

Для повышения помехоустойчивости и эффективности моделей глубокого обучения необходимо пополнять существующие в открытом доступе наборы данных изображениями, снятыми в разное время суток, а также использовать аугментацию.

Список литературы

1. Пикалёв Я.С. О методах детекции объектов из изображений в реальном времени, основанных на глубоком обучении / Я.С. Пикалёв, Д.М. Веретельник, Д.С. Добренко // Программная инженерия: методы и технологии разработки информационно-вычислительных систем (ПИИВС-2018): Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции, Том. 1. 14-18 ноября 2018 г. – Донецк, ГОУВПО «ДонНТУ», 2018. – С. 152-160.
2. Redmon J., Farhadi A. Yolov3: An incremental improvement //arXiv preprint arXiv:1804.02767. – 2018.
3. Liu W. et al. Ssd: Single shot multibox detector //European conference on computer vision. – Springer, Cham, 2016. – С. 21-37.
4. Mingxing Tan, Quoc V. Le. EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks // ICML 2019. URL: <https://arxiv.org/pdf/1905.11946.pdf>
5. Ren S. et al. Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks // Advances in neural information processing systems. – 2015. – С. 91-99.

НЕЙРОСЕТЕВАЯ КОЛОРИЗАЦИЯ ЧЕРНО-БЕЛЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Ермоленко Т.В., канд. техн. наук, доц., *Кравченко А.А.*
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
t.ermolenko@donnu.ru, alinakrvchnk@gmail.com

Введение. Востребованность решения задачи колоризации обуславливается необходимостью восстановления культурной или исторической ценности изображения, раскрашивания архивных фильмов, фото и т.п. Полностью автоматизировать этот процесс позволяют методы глубокого обучения. Главными преимуществами этих моделей являются одноразовое обучение сети с последующим многократным ее использованием, а также высокая скорость выполнения процедуры колоризации. Несмотря на значительный прогресс в данной области, автоматическое раскрашивание фотографий все еще имеет некоторые ограничения, связанные с качеством изображений, которые могут быть сильно повреждены или затемнены, а также с недостаточным набором обучающих данных. По этим причинам нейросеть может ошибиться с подбором оттенка, неправильно распознать обстановку, в который сделан снимок, или просто затонировать фото вместо раскрашивания.

С учетом активного развития глубокого обучения можно ожидать, что системы, способные автоматически раскрашивать черно-белые фотографии, будут продолжать развиваться и становиться все более точными и универсальными.

Методы глубокого обучения для колоризации изображений. Процесс обучения нейросетей требует размеченных объемных датасетов: набора пар чёрно-белых и соответствующих цветных изображений. Он удобен тем, что множество чёрно-белых изображений легко получается путём обесцвечивания цветных.

Входными данными для модели колоризации являются одноканальные чёрно-белые изображения, представленные в виде сетки пикселей, каждый из которых задан значением яркости от 0 до 255, от чёрного до белого. Выходные данные – цветные c -канальные изображения, состоящие из c слоёв, в каждом из слоёв кодируется яркость значениями от 0 до 255. Общая постановка задачи колоризации изображения может быть сформулирована в виде:

$$y = \phi(x, t),$$

где $x \in R^{h \times w}$ – исходное одноканальное изображение размера $h \times w$, $y \in R^{h \times w \times c}$ – колоризованное c -канальное изображение, $\phi: R^{h \times w} \times T \rightarrow R^{h \times w \times c}$ – некоторое преобразование, выполненное нейронной сетью.

Необходимо найти такое преобразование $f(x)$, чтобы получаемые цветные изображения воспринимались человеком как можно реалистичнее.

Для обработки изображений наиболее широкое применение получили свёрточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNN). Главным их преимуществом является автоматическое выделение признаков разных уровней на изображении, что считается важным для успешной классификации и последующего раскрашивания изображения.

Свёрточные слои применяют фильтры к входным данным, выполняя операцию свёртки данных с выбранным ядром [1]. Каждый фильтр свёрточного слоя отвечает за определение некоторого признака в изображении. При наличии нескольких свёрточных слоев их чередуют со слоями пулинга, вычисляющем одно значение матрицы на основе некоторой области исходного изображения, которая может иметь разные размеры, отсекая ненужные детали при выделении признаков.

Гиперпараметрами CNN являются: количество фильтров, определяющее глубину слоя; размер ядра свёртки; шаг, с которым будет выполняться свёртка; параметр, определяющий, что изображение будет дополняться по краям нулями для сохранения исходного размера после прохождения свёрточных слоев.

Чтобы иметь возможность учитывать при колоризации все признаки, используются гиперколонки, каждая из которых представляет собой вектор выходов всех свёрточных слоев для каждого отдельного пикселя изображения [2]. Результирующий для всех пикселей тензор этих гиперколонок будет определять карту признаков всего изображения.

Альтернативным подходом, не использующем гиперколонки, является применение остаточного кодировщика (RedNet) [3]. RedNet основан на архитектуре ResNet, в которой используются модули остаточных блоков для решения проблемы затухающих градиентов.

RedNet содержит:

1. Остаточный блок, в котором обычно есть два последовательных свёрточных слоя с активацией и Batch Normalization, включая модуль остаточного соединения, чтобы передавать информацию о разности между оригинальными и предсказанными данными.

2. Энкодер, состоящий из серии слоев свертки, пулинга и активаций, преобразующий изображение в пространство признаков низкой размерности.

3. Декодер, содержащий слои обратного пулинга, свертки и активации и преобразующий признаки обратно в полноцветное изображение.

Общая идея остаточного кодировщика состоит в том, чтобы сжать изображение в энкодере, передать ошибки сжатия вместе с закодированными признаками и затем восстановить изображение в декодере, используя содержащуюся информацию о разности.

Архитектура остаточного кодировщика может варьироваться в зависимости от конкретной задачи и требований. Однако она обычно основана на основных принципах ResNet и включает энкодер, декодер и модули остаточных соединений для эффективного кодирования и передачи информации о цвете

В задачах, связанных с генерацией данных, к которым относится и колоризация изображений, широкое применение нашли генеративно-сопоставительные сети (Generative Adversarial Networks, GAN). Их архитектура состоит из двух основных компонентов: генератора и дискриминатора.

Генератор в GAN отвечает за генерацию новых данных, пытаясь подражать обучающему набору. Он принимает на вход случайный шумовой вектор и генерирует новый образец данных, стремясь к тому, чтобы дискриминатор их не смог отличить от реальных данных.

Дискриминатор – классификатор, который пытается отличить реальные данные от данных генератора. Принимая на вход как реальные, так и сгенерированные данные, он старается правильно идентифицировать их, выдавая вероятность их принадлежности к реальным данным.

Тренировка GAN состоит из постоянного противостояния между генератором и дискриминатором. Оба компонента обучаются путем оптимизации своих параметров с использованием градиентного спуска.

GAN намного сложнее в обучении, чем рассмотренные выше модели, однако, сгенерированные GAN изображения более близкие к реальным, намного лучше с точки зрения яркости и резкости цвета, в то время как изображения, сгенерированные остальными моделями, имеют участки более тусклого цвета, вызванные усреднением цветов по близости при оптимизации потерь.

Заключение. Анализ современных подходов к решению задачи колоризации изображений показал перспективность использования GAN. Модификации модели могут заключаться в изменении архитектур генератора и дискриминатора, и увеличении глубины сети.

Список литературы

1. Николенко С.И., Архангельская Е.О., Кадури А.А. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. – СПб.: Питер, 2020. – С. 480 р.
2. Серебряная, Л. В. Автоматическая колоризация изображений на основе свёрточных нейронных сетей/ Л. В. Серебряная, В. В. Потараев// Цифровая трансформация. – 2020. – № 2 (11). – С. 58–64. <https://doi.org/10.38086/2522-9613-2020-1-58-64>.
3. Automatic Colorization [Электронный ресурс]. – Mode of access: <https://tinyclouds.org/colorize/> (дата обращения: 20.09.2023)

ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ В РЕГИОНАХ РОССИИ

Звягинцева А.В., д-р техн. наук, доц., *Гучмазова Т.К.*
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
a.zvyagintseva@donnu.ru, guchmazova@bk.ru

Введение. Чрезвычайные ситуации (ЧС) отличаются многообразием инициирующих опасных ситуаций, множеством событий, определяющих последствия реализации опасности, а также сложными причинно-следственными связями между ними. Для минимизации последствий ЧС следует проводить детальный анализ и изучение опасных событий и их последствий с позиции статистики и событийной оценки. Сбор и анализ информации о негативных и опасных воздействиях, неблагоприятных и вредных последствиях и ущербах позволяет понять причины и механизмы возникновения ЧС, а также определить уязвимые зоны и разработать меры по предотвращению и ликвидации последствий.

Целью данного исследования является комплексный анализ опасных ситуаций природного и техногенного характера на территории Российской Федерации методом обработки статистических данных о ЧС, находящихся в открытом доступе. Анализ проводился по количеству опасных явлений, числу погибших и пострадавших при ЧС, а также причиненному материальному ущербу.

Основная часть. В соответствии с общепринятым в Российской Федерации понятием чрезвычайная ситуация (ЧС) – это обстановка на определённой территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, эпидемии, катастрофы, стихийного бедствия, применения современных средств поражения, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Классификация ЧС определена нормативным документом [1] и предполагает их деление по типам и видам событий, инициирующим ЧС (природные, техногенные, экологические, биологические, социальные, антропогенные и т.д.), а также по масштабам и ущербу (количеству погибших и/или потерпевших людей или материальному ущербу). Таким образом, понятие ЧС охватывает самые разные опасные события, которые неоднородны в своем содержании, и сводит их все в один класс опасных ситуаций.

Известно, что для разных видов природных и техногенных опасностей распределения событий имеют различный характер (табл. 1, [2]), поэтому поиск распределений ЧС, совокупности которых

сформированы из неоднородных опасных событий, представляет определенный интерес.

Таблица 1

Опасные события и виды их распределений

Виды опасностей	Статистические распределения	
	опасного события	последствий реализации события
Землетрясения, цунами, наводнения	Логарифмически-нормальное, Вейбулла, степенное	Парето
Ураганы	Пуассона, степенное	Парето
Извержения вулканов	Логарифмически-нормальное, Вейбулла	Парето
Взрывы	Пуассона, логарифмически-нормальное	Парето, Вейбулла, гамма-распределение
Пожары	Пуассона, логарифмически-нормальное, Вейбулла	Парето, гамма-распределение
Крупные аварии	Пуассона, Вейбулла, гамма-распределение	Логарифмически-нормальное, гамма-распределение, Вейбулла
Химическая опасность	Логарифмически-нормальное	Логарифмически-нормальное, логистическое, Вейбулла
Биологическая опасность	Логарифмически-нормальное	Парето, логарифмически-нормальное
Радиационная опасность	Логарифмически-нормальное	Логарифмически-нормальное

При анализе были приняты гипотезы, что неоднородные опасные события, наблюдаемые в регионах России, могут быть распределены по определенному статистическому закону, который, в свою очередь, может быть найден эмпирически путем непосредственного подсчета вероятностей событий. Разнородные по масштабу события могут быть связаны между собой причинно-следственными закономерностями [3]. Комплексная классификация статистических распределений сложных событий с учетом причинно-следственных связей с более простыми событиями может стать основой для таксономии опасных ситуаций, регистрируемых обществом.

Анализ имеющихся данных о чрезвычайных ситуациях, произошедших в Российской Федерации, позволил оценить статистические распределения по чрезвычайным ситуациям и их последствиям. Данные охватывали информацию по видам ЧС и их последствиям для 85 субъектов РФ за 2009–2022 годы [4]. В таблице 2 представлены результаты анализа для принятой сегодня классификации ЧС.

Таблица 2

Чрезвычайные ситуации и виды их распределений

Чрезвычайные ситуации	Статистические распределения			
	инициирующих событий	последствий реализации событий		
		кол-во пострадавших людей	кол-во погибших людей	Материальный ущерб
ЧС всех видов в целом	Экспоненциальное	Экспоненциальное	Гамма-распределение	Эмпирическое
Техногенные ЧС	Экспоненциальное	--	--	--

Для природных и биолого-социальных ЧС статистические распределения не удалось определить. Для материального ущерба было определено эмпирическое распределение в виде:

$$\text{Pr} = -2,089 + s_w; \quad w = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\text{Pr}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt, \quad s_w = 0,782 \ln\left(\frac{M}{M_0}\right), \quad (1)$$

где M – материальный ущерб от ЧС, млн. руб.; $M_0 = 37,74$ млн. руб. – значение ущерба, оцененное для ЧС в Московской области в 2009 году. Коэффициент корреляции зависимости (1) составил 0,97.

Заключение. Результаты исследований позволяют сделать вывод, что в некоторых случаях даже неоднородные сложные события, инициирующие чрезвычайные ситуации, могут быть распределены по статистическому закону. Это указывает на то, что с позиций математической статистики и событийной оценки уже назрела необходимость классифицировать события в соответствии с их принадлежностью к тому или иному виду (катастрофа, бедствие, кризис, авария, происшествие, несчастный случай, ситуация и т.д.). При этом характеристические величины таких сложных событий должны позволять отражать их масштаб воздействия, развитие в пространстве и времени и их статистическую взаимосвязь.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (с изменениями и дополнениями).
2. Аверин Г.В. Системодинамика: теория и приложения / Изд. 2-е перераб. и доп. – Донецк: ООО «НПП «Фолиант», 2022. – 535 с.
3. 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.
4. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2009–2022 годах» / – М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009–2022 гг.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ

Истратова Е.Е., канд. техн. наук, *Николин В.В.*

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»,

г. Новосибирск, РФ

istratova@mail.ru

Введение. Автоматизация пропуска транспортных средств на территорию предприятия является серьезной проблемой, для решения которой применяются различные методы, например, установка датчиков обнаружения движения. Но зачастую необходимо не просто пропустить машину на территорию, но и распознать номер въезжающего транспортного средства. Усовершенствовать процесс пропуска автомобилей можно за счет применения систем автоматизированной интеллектуальной видеоаналитики [1]. Однако, поскольку распознавание автомобильных номерных знаков чувствительно к условиям окружающей среды, таким как: сложный фон изображения, угол обзора и изменение освещенности, то корректно распознавать буквы и цифры на них по-прежнему сложно. Таким образом, можно сделать выводы об актуальности и востребованности процесса распознавания автомобильных номерных знаков с точки зрения разработки программного обеспечения для применения в качестве модуля системы безопасности зданий.

Цель исследования заключалась в разработке программного обеспечения для контроля и управления доступом транспортных средств на основе распознавания автомобильных номеров.

Основная часть. Для реализации указанной цели были решены следующие задачи: анализ алгоритмов детекции автомобильных номеров; разработка алгоритма для распознавания государственных автомобильных номеров; выбор инструментальных средств для реализации программного обеспечения для контроля и управления доступом транспортных средств; разработка и исследование программного обеспечения.

Основной особенностью работы является применение математической модели распознавания автомобильного номера, где на первом этапе происходит обнаружение номера при помощи `yolo`, далее при помощи `stn` происходит подготовка обнаруженного номера к распознаванию при помощи LPR-net.

Для обучения модели нейронной сети был собран и размечен набор данных. Часть набиралась из сети Интернет, другая – была собрана вручную. Было необходимо обеспечить разнообразие данных, чтобы модель могла работать в различных условиях (загрязненные номера,

плохая видимость, зашумленность, разные ракурсы и т.д.), а после для улучшения точности модели необходимо было собрать такой набор данных, где номер одного и того же автомобиля будет сфотографирован с хорошим разрешением и с разных ракурсов – левый, правый, ближний фронтальный и дальний фронтальный ракурсы. После сбора данных происходила их разметка.

На сегодняшний день разметка данных активно используется в сферах машинного обучения и искусственного интеллекта. Без применения размеченных данных невозможно работать с алгоритмами машинного обучения. Разметка данных представляет собой процесс выявления людьми объектов в сырых данных, например, в видео или на изображениях, и добавления к ним меток. С помощью размеченных данных модель нейронной сети может обучаться, так как она узнает правильный ответ. Обученная модель может распознавать и классифицировать данные уже на совершенно незнакомом для нее наборе данных. Разметка данных происходила на платформе DarkMark, которая представляет собой открытый бесплатный инструмент с графическим интерфейсом, написанный на языке программирования C++. Данный инструмент используется для аннотирования изображений и имеет несколько функций, адаптированных для использования с Darknet и YOLO. Для контроля качества в DarkMark предусмотрен быстрый обзор всех аннотаций. С помощью него можно заметить ошибки в разметке данных. Помимо этого, DarkMark можно использовать для создания конфигурационных файлов Darknet и YOLO для дальнейшего обучения модели нейронной сети.

Для обучения модели нейронной сети данные были преобразованы в формат YOLO Darknet TXT. Этот формат содержит один текстовый файл для каждого изображения (содержащий аннотации и числовое представление метки) и карту меток, которая сопоставляет числовые идентификаторы с удобочитаемыми строками. Аннотации были нормализованы в диапазоне $[0, 1]$, что упростило работу с ними даже после масштабирования и растяжения изображений. Обучение происходило в среде google colab в течении 72 часов при количестве итераций (эпох) 46000.

Проведенные эксперименты готовой модели показали, что средняя точность обнаружения mAP составила 96,6%, что является довольно хорошим показателем при условии наличия большого числа классов, необходимых для распознавания. Модель способна обнаруживать номерную пластину и распознавать все цифры и буквы, которые используются для автомобильных номеров Российской Федерации. Таким образом, количество классов для распознавания составляет 10 цифр + 12 букв + номерная пластина = 23.

Чтобы убедиться в корректности разработанной модели было проведено сравнение существующих моделей для распознавания автомобильных номеров, взятых из открытых литературных источников. Результаты представлены в табл.

Результаты сравнения разработанного программного модуля
с другими программными продуктами

Ссылка на источник	Модель	Точность, %	Время обработки, мс
[2]	CNN	98.37	48
[3]	CNN	96.02	11
[4]	Faster R-CNN	97.89	23
[5]	Разработанная модель	96.60	7

Заключение. Исходя из результатов сравнительного анализа, можно сделать вывод о том, что применение разработанной модели является целесообразным. Она может быть использована для распознавания государственных автомобильных номеров в режиме реального времени, показывая хорошую точность и отличную скорость обработки кадров. Практическая значимость исследования состоит в том, что разработанное программное обеспечение может быть использовано как в качестве самостоятельной системы контроля и управления доступом на территорию, так и в виде модуля, интегрированного в другие системы.

Список литературы

1. Карышев, А. А. Разработка системы контроля доступа сотрудников и автомобилей на территорию предприятия / А. А. Карышев, С. А. Медведева // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2018. – № 6. – С. 129-134.
2. Khan, K., Imran, A. Performance enhancement method for multiple license plate recognition in challenging environments // Journal of Image Video Process. – 2021. – URL: <https://doi.org/10.1186/s13640-021-00572-4> (дата обращения: 13.09.2023).
3. Saidani, T., Touati, Y. E. A vehicle plate recognition system based on deep learning algorithms // Multimedia Tools Applications. – 2021. – № 3. – URL: <https://doi.org/10.1007/s11042-021-11233-z> (дата обращения: 11.09.2023).
4. Shahidi, Z. M., Rajabi R. Deep learning-based framework for Iranian license plate detection and recognition // Multimedia Tools Applications. – 2022. – № 8. – URL: <https://doi.org/10.1007/s11042-022-12023-x> (дата обращения: 13.09.2023).
5. Истратова, Е. Е. Программа для контроля и управления доступом транспортных средств на основе распознавания автомобильных номеров / Е. Е. Истратова, Е. А. Бухамер, А. И. Гостеева // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022661265, 22.06.2022. Заявка № 2022660761 от 22.06.2022.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ БОЛЬНИЦЫ

Котенко В.Н., Дегтярева Д.А.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
v.kotenko@donnu.ru, degtyaryova.2001@mail.ru

Введение. В XXI веке информационные технологии занимают, если не сказать первое, то одно из первых мест в жизни каждого человека. Все сферы жизни прибегают к упорядочиванию информационных систем с помощью интернет-технологий, т.к. они позволяют усовершенствовать и облегчить рабочий процесс, а порой и стать заменой человеческого труда. Такие системы используются в туризме, в логистике, в образовании – повсюду. По этой причине, в данной статье будет реализована система, с помощью которой можно будет хранить, обрабатывать и систематизировать данные.

Одной из главных составляющих жизни человека является его здоровье. Для его поддержания, кроме всего прочего, необходимо делать медицинские обследования, диагностику, а также анализы и проверки. Все это весьма трудоемкий процесс и требует хранения огромного количества информации: медицинские заключения, выписки, анализы и т.д. Ввиду этого, наиболее рациональным решением станет передача этой работы специально обученной машине, что позволит сократить время и систематизировать поток информации.

Конфиденциальность любой базы данных будь то банковская система или медицинская – это первоочередная задача. Эксплуатация такого приложения позволит сохранить данные в недоступном для постороннего человека месте, а также обрабатывать и поддерживать их. От эффективности внедрения информационных технологий в медицине уже в недалеком будущем будет зависеть здоровье, а значит, и процветание всей нации.

Учитывая это, многие отечественные лечебно-профилактические учреждения (ЛПУ) в своей деятельности активно прибегают к услугам комплексных медицинских информационных систем (МИС), а также динамических сайтов на их примере. Последние представляют собой целостный (универсальный) программный продукт, позволяющий на качественно новом уровне осуществлять руководство деятельностью медучреждения и оказывать медицинские услуги.

Актуальность. На данный момент, одной из приоритетных отраслей для инвестирования в РФ является отрасль здравоохранения. По этой причине, благодаря программе развития индустрии здравоохранения, принятой Российским правительством, была принята инициатива обеспечить

целый ряд преимуществ для пациентов и медперсонала. Одной из них является внедрение и развитие МИС. Медицинская автоматизированная информационная система – это совокупность программно-технических средств, баз данных и знаний, предназначенных для автоматизации различных процессов, протекающих в лечебно-профилактическом учреждении [1]. МИС представлены системами поддержки деятельности сотрудников управления здравоохранением и системами поддержки деятельности работников практического здравоохранения [2].

Целью данного проекта является создание единого информационного пространства посредством разработки динамического web-приложения «Больница». Данное приложение должно быть бесплатным и предоставлять возможность обрабатывать и структурировать входящую информацию.

Результат. В результате работы, было разработано web-приложение для функционирования бюджетной организации «Больница».

Данный web-сайт позволяет облегчить труд врачей, быстро предоставляя нужную информацию о пациентах и назначениях им, а также о штатном персонале.

Web-приложение осуществляет: поиск, добавление, удаление, регистрацию новых пользователей, а также клиент-серверное взаимодействие. Страницы отображают информацию из базы данных в удобном виде, а также служат для ввода данных в таблицы.

Web-приложение имеет возможность осуществления администрирования.

Оно позволяет поддерживать корректную работу: оптимизировать данные, следить за работоспособностью, осуществлять модерацию и осуществлять коммуникацию с пользователями сайта.

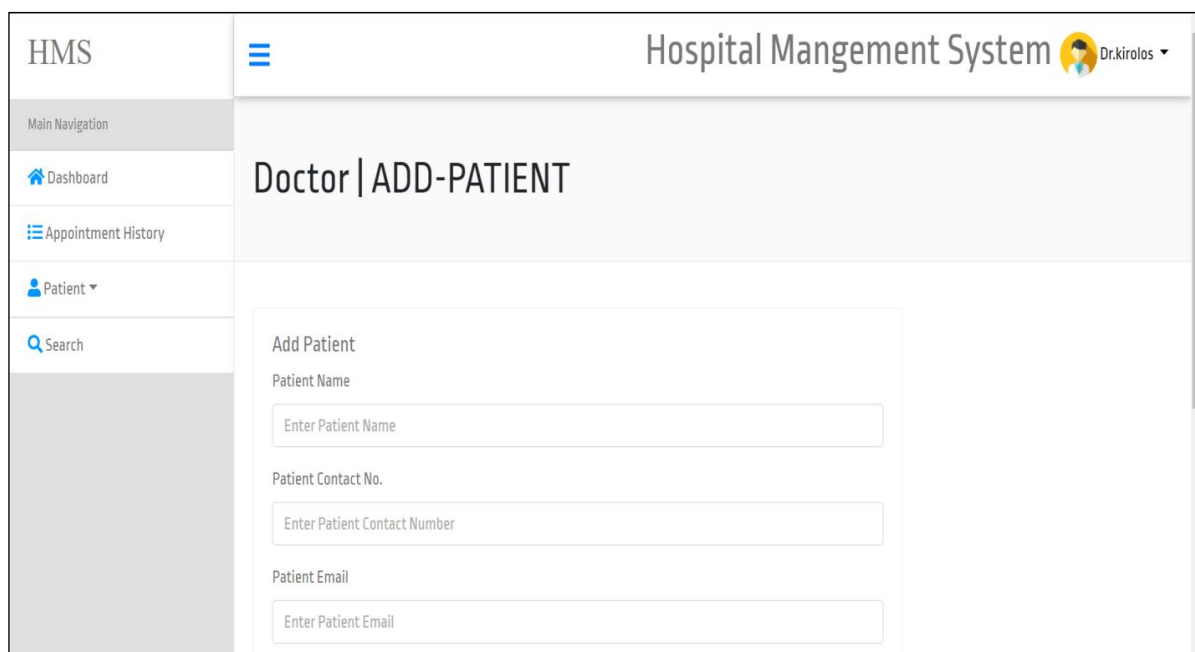
Данное web-приложение может использоваться сотрудниками медицинского учреждения для увеличения эффективности работы клиники путем ускорения тривиальных операций: оформление нового пациента, ведение лечения, создание и хранение архивной информации о врачах и пациентах. Такое нововведение, несомненно, окажет огромную пользу и повысит эффективность работы.

Функции динамического web-сайта больницы позволяют врачам данного лечебного заведения добавлять новых пациентов, данные о них, полученные после осмотра, удалять назначения, осуществлять поиск в базе данных. В информационной системе имеются в наличии функции для работы личного кабинета самого врача: обновление информации о себе, смена пароля.

Окно добавления нового пациента приведено на рис.

Особенностью данной работы является то, что теперь попасть на прием к врачу можно без создания личного кабинета пациента. С этой целью пациенту необходимо записаться на прием к определенному врачу,

выбрав дату и время консультации, после чего он попадает в личное расписание доктора. Затем, в случае госпитализации или стационарного лечения, доктор создает учетную запись и карту пациента. В результате исключается необходимость в создании личных аккаунтов для людей, которым не требуется длительное лечение, либо они обратились за консультацией без дальнейшей госпитализации. Данная функция позволяет оптимизировать работу сайта и уменьшить нагрузку на работников больницы.



The screenshot displays the HMS interface. At the top left, the logo 'HMS' is visible. The top right shows the title 'Hospital Mangement System' and a user profile for 'Dr.kirolos'. A main navigation sidebar on the left includes 'Dashboard', 'Appointment History', 'Patient', and 'Search'. The main content area is titled 'Doctor | ADD-PATIENT' and contains a form with the following fields: 'Patient Name' (with placeholder 'Enter Patient Name'), 'Patient Contact No.' (with placeholder 'Enter Patient Contact Number'), and 'Patient Email' (with placeholder 'Enter Patient Email').

Рис. Окно добавления нового пациента

В заключении, отметим, что при создании web-приложения были учтены все требования для комфортного и эффективного функционирования бюджетной организации.

Список литературы

1. Frost & Sullivan: в 2019 году объем мирового рынка технологий в сфере здравоохранения составит \$1,96 трлн // Сайт itNews – URL: <https://www.itweek.ru/digitalization/newscompany/detail.php?ID=206429> [Электронный ресурс] (дата обращения: 23.09.2023)
2. Шадов С.С. К вопросу об эффективности информационных технологий на российском рынке медицинских услуг – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-ob-effektivnosti-informatsionnyh-tehnologiy-na-rossiyskom-rynke-meditsinskih-uslug> [Электронный ресурс] (дата обращения: 02.03.2023)

РАЗРАБОТКА ОБЛАЧНОГО ХРАНИЛИЩА СРЕДСТВАМИ ВЕБ-ФРЕЙМВОРКА LARAVEL

Котенко В.Н., Лямцев О.А.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
v.kotenko@donnu.ru

Введение. С появлением интернета у человечества появился доступ к гигантской базе информации. С каждым годом в геометрической прогрессии нарастает количество информации и число ее потребителей. Информацию можно накапливать на носителях данных, которые можно легко транспортировать, но бывают случаи, когда нет возможности взять с собой такой носитель, или же такой носитель не обладает определенным количеством памяти для записи необходимой информации.

Многие пользователи полагают, что хранить информацию следует на жестком диске персонального компьютера, а, если возникнет необходимость взять ее с собой, то можно скопировать информацию на портативные носители. Между тем, с появлением облачных хранилищ такой подход уже далеко не лучший: гораздо проще и выгоднее разместить файлы в облаке и спокойно менять местоположение, зная, что в любой момент к ним есть доступ при наличии канала в Интернет. Таким образом, первым достоинством облачных хранилищ для пользователей является отсутствие необходимости в наличии портативных носителей.

Второе достоинство облачных хранилищ, – с помощью облака удобно не только хранить резервные копии, но и обмениваться информацией с другими людьми. Достаточно отправить ссылку адресату, и тот получит возможность доступа к файлам в любой момент.

Для того, чтобы избежать потери информации (например, при выходе из строя жесткого диска), достаточно скопировать ее в облако и периодически обновлять. Это третье преимущество облачного хранения.

Облачное хранилище – парадигма онлайн-хранилища данных, когда эти данные хранятся на многообразных размещенных в сети серверах, которые предоставляются для доступа пользователям, чаще всего, какой-то третьей стороной. В отличие от модели, когда информация хранится на собственных, выделенных серверах, которые приобретаются или арендуются клиентами специально для таких целей, пользователю в этом случае не видна внутренняя структура серверов и их количество: информационные ресурсы хранятся и обрабатываются в «облаке», представляющем собой с точки зрения пользователя один громадный виртуальный сервер. На физическом уровне эти серверы могут географически размещаться очень далеко друг от друга (даже в разных концах света). Понятие облачного хранения информации предполагает, что

клиенту совсем не обязательно знать, где конкретно находится его информация: физически она может располагаться на различных серверах, а эти серверы могут находиться в разных частях света. В любом случае клиент видит свое хранилище информации в виде обычного накопителя. Объем этого облачного хранилища зависит от используемого тарифного плана. В зависимости от поставщика облачных услуг, объем облачного хранилища может быть ограничен или неограничен. В некоторых случаях может даже предоставляться облачный диск в составе системы, который наблюдается, как локальный том. Например, с помощью программы «Диск-О» можно собрать облака Mail.ru, Яндекс.Диск, Google Drive, Dropbox на компьютере и работать с ними без переключения между различными браузерами.

Актуальность технологии облачного хранения данных обусловлена несколькими причинами.

Первая причина – это экономическая целесообразность, – хранение данных «в облаках» стоит во много раз дешевле стандартного хранения информации.

Второе – это доступность информации, – клиенты всегда имеют доступ к своим данным неважно от того, где они находятся географически (эта доступность все же находится в зависимости от интернет-соединения).

Третье – это скорость доставки информации. Обычно все провайдеры облачных хранилищ предоставляют клиентам географически распределенную сеть серверов, позволяющую ускорить клиентам доставку контента сайтов и web-сервисов CDN (Content Delivery Network).

Четвертым преимуществом является снижение нагрузки на сервера, – процессы web-сервера не заняты отдачей статики, а, значит, в значительной степени снижается нагрузка на диск.

И, наконец, пятым преимуществом является выгода. Пользователь осуществляет оплату только за ту часть хранилища, которую использует фактически. Не надо в этом случае платить за аренду сервера, большую часть ресурсов которого клиент не использует. Ему нет необходимости в приобретении, поддержке и обслуживании личной конструкции для хранения информации, что, в итоге, снижает общие затраты производства. Клиент не вовлекается провайдером облачного центра в процесс резервирования и сохранения целостности информации.

Целью данного исследования является проектирование и разработка облачного хранилища данных, обеспечивающего возможность размещения информации в «облаке», ее получение и обработку.

Разработанное веб-приложение будет использоваться в качестве удобного и эффективного инструмента, позволяющего получать доступ к информации из облака независимо от местоположения пользователя, что увеличит доступность и скорость получения данных.

Результат. В ходе выполнения проекта проведен анализ предметной области, рассмотрены принципы работы облачных web-технологий. На

основе анализа информации составлено техническое задание для проектирования и реализации веб-приложения облачного хранилища. Спроектировано и реализовано облачное хранилище «Synnefo» [1].

Изучены технологии для реализации веб-приложения, собрана и проанализирована информация о потребностях рынка интернет-технологий. На основе исходных материалов была разработана страница доступа, которая используется для взаимодействия с данными из облака. Спроектированы и разработаны страницы приветствия, входа/регистрации, загрузки файла и набора файлов, показанные на рис.

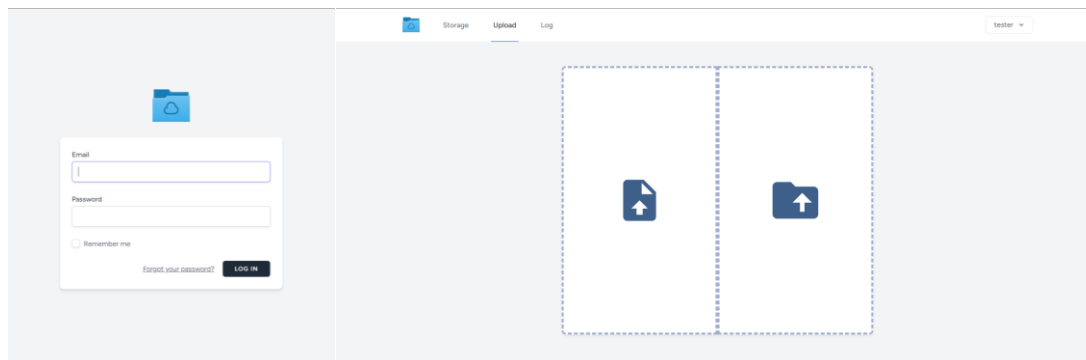


Рис. 1. Страницы веб-приложения:
а – страница входа/регистрации; б – страница загрузки данных

Инструменты, использованные при разработке: Laravel – бесплатный веб-фреймворк с открытым кодом, предназначенный для разработки продуктов на основе архитектурной модели MVC; OpenServer – портативный локальный WAMP/WNMP сервер, имеющий многофункциональную управляющую программу и большой выбор подключаемых компонентов; MySQL – бесплатная реляционная система управления базами данных.

В ходе выполнения проекта система была протестирована на студентах, обучающихся на кафедре компьютерных технологий ФГБОУ ВО «ДонГУ» и показала высокую степень эффективности.

В **заключении** следует подчеркнуть, что кроме предоставления пользователям вычислительных мощностей, облачные технологии предоставляют новые рабочие места для специалистов IT-сферы, которые способны настраивать и сопровождать «облака».

Список литературы

1. Облачное программное обеспечение с открытым исходным кодом. – Текст: электронный // Проект Synnefo : официальный сайт. – 2023. – URL: <https://www.synnefo.org> (дата обращения: 23.09.2023).

WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ПОГОДЫ НА ОСНОВЕ СИНОПТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Котенко В.Н., Романенко А.А.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
v.kotenko@donnu.ru

Введение. Сложно найти в современном мире человека, который не интересовался бы прогнозами погоды. Прогнозы помогают нам правильно выбрать одежду, правильно планировать различные мероприятия на открытом воздухе. Помимо этого, существует значительное количество отраслей национальной экономики, деятельность которых была бы куда менее эффективной без знания наиболее вероятных условий атмосферы в будущем, – это авиация, морской флот, сельское хозяйство, энергетика. Грамотное использование гидрометеорологических прогнозов, безусловно, важно для обеспечения безопасности населения при таких стихийных явлениях, как наводнения, сильные грозы, смерчи (торнадо), экстремальные мороз и жара [1].

Таким образом, создание и постоянное функционирование системы, позволяющей заблаговременно выдавать прогнозы метеорологических величин и явлений, является одной из важнейших задач, стоящих перед мировым сообществом. Задача предлагаемой работы состоит в описании технологии подготовки прогноза погоды на доступном уровне, а также анализа погоды на определенном промежутке времени.

Объект исследования – технологии разработки мобильных приложений, сайтов и чат-ботов, а также экологические практики и инициативы среди пользователей [2].

Предмет исследования – комплексное решение в виде мобильного приложения, сайта и чат-бота, направленных на решение экологических проблем своего города.

Методы исследования – анализ рынка мобильных приложений и сайтов, тестирование разработанных технологий и оценка их эффективности.

Актуальность.

1) хранение информации в базе данных предоставляет возможность получения доступа к ней с использованием различных устройств;

2) имеется возможность провести анализ погоды в центральном регионе Российской Федерации;

3) появляется возможность сделать прогноз погоды в столице Российской Федерации, – г. Москва.

Цель работы – разработка программной системы, позволяющей просматривать информацию архива погоды в центральном регионе России,

получать отчеты о синоптической обстановке на заданном временном промежутке, а также делать прогноз погоды в городе Москва. Основные этапы реализации проекта:

1) решение задачи аккумуляции, загрузки и хранения данных предполагает разработку механизма для сбора, загрузки и сохранения информации о погоде в центральном регионе Российской Федерации. Ее реализация может включать в себя получение данных с метеостанций, использование программного интерфейса приложений сторонних сервисов или использование иных альтернативных источников данных;

2) задача архивации и индексации данных предполагает реализацию механизма архивации и индексации информации о погоде с целью обеспечения увеличения скорости доступа к информации и повышения эффективности ее хранения. Это предоставит пользователю возможность осуществлять просмотр записей архива погоды на заданном временном промежутке;

3) решение задачи генерации отчетов предполагает реализацию функциональности для создания отчетов синоптической обстановки на заданном временном промежутке. Ее решение даст возможность пользователю получать информацию о температуре, влажности воздуха, скорости ветра и других погодных параметрах за указанный период;

4) решение задачи осуществления прогноза погоды включает в себя разработку функционала для предоставления возможности получения прогноза погоды в городе Москва.

5) задача пользовательского интерфейса предполагает создание удобного и интуитивно понятного пользовательского интерфейса, который позволит пользователям эффективно взаимодействовать с приложением.

Результат. В результате решения поставленной задачи была спроектирована база данных и разработано веб-приложение, предоставляющее пользователям функциональные возможности просмотра и редактирования данных в архиве погоды для центрального региона Российской Федерации. Динамический сайт BlueSky не ограничивается только функционалом просмотра и редактирования информации, – он также предоставляет клиентам возможность выполнения анализа погодных условий и дает инструментарий для осуществления операции прогнозирования погоды для городов центрального региона Российской Федерации.

Пользователи могут использовать веб-приложение BlueSky для получения доступа к хранимым данным о погоде и просмотра информации по различным временным периодам. Помимо этого, сайт предоставляет возможность модификации данных, что позволяет пользователям вносить изменения или дополнять информацию архива погоды.

Страница для анализа погоды в выбранном регионе в определённом временном периоде представлена на рис. 1.

Страница истории запросов пользователя представлена на рис. 2.

BlueSky Архив Анализ Прогноз История

Анализа погоды

Выберите город:

Выберите начала:

Выберите конца:

[Посмотреть запись](#)

Форма, которая позволяет выбрать город и 2 даты, предоставляет возможность получить информацию о погодных условиях в определенный период в определенном городе. Выбрав нужные даты и город из выпадающего списка, Вы сможете отправить запрос, который вернет информацию об анализе погоды на временном промежутке.

Рис. 1. Страница анализа погоды в регионе в определённом временном периоде

История запросов

2 мая 2023 г. 17:22	Вы сделали запрос на анализ с данными: г. Тверь, дата начала: 01.12.2020, дата конца: 28.02.2021. Результаты: Средняя температура: -17, Средняя влажность: 78, Среднее давление: 757, Средняя скорость ветра: 4.
2 мая 2023 г. 17:10	Вы сделали запрос в архив с данными: г. Москва 14.05.2020. Результаты: Температура 12, Влажность 46, Давление 75, Скорость ветра 5

Рис. 2. Страница история запросов.

Заключение. Веб-приложение "BlueSky" представляет собой бесплатную платформу, предназначенную для решения задач, связанных с обработкой синоптической информации. Используя его, пользователи могут получать доступ к архиву погодных данных, проводить анализ погодных условий на определенном временном промежутке и составлять прогноз погоды для города Москва Российской Федерации.

Список литературы

1. Теория и практика методов прогнозирования погоды. – Текст: электронный // Проект Studbooks : официальный сайт. – 2023.
 URL: https://studbooks.net/610557/geografiya/obzor_metodov_proгноza_pogody (дата обращения: 20.09.2023).
2. Django упрощает создание лучших веб-приложений. – Текст: электронный // Проект Django : официальный сайт. – 2023.
 URL: <https://www.djangoproject.com/> (дата обращения: 20.09.2023).

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ «КЛУБ ЗНАКОМСТВ» С РЕАЛИЗАЦИЕЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДБОРА ПОДХОДЯЩИХ ПРОФИЛЕЙ

Котенко Ю.В., Криворучко К.А., Максименко И.И., канд. физ.-мат. наук
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет». г. Донецк, РФ
kotenko1967@gmail.com, igor.maksimenko_1967@mail.ru, alisakovallllll@gmail.com

Введение. В настоящее время на рынке сервисов для знакомств существует много предложений сайтов знакомств, но все они однотипные и обладают рядом недостатков. Это свидетельствует о том, что потребность в качественном web-приложении для знакомств у интернет-пользователей имеется, но нет такого сервиса, который имел бы простой и понятный интерфейс, механизмы автоматического подбора подходящих друг другу профилей, а также предоставлял наиболее важную информацию о пользователях, на основании которой можно делать выводы о совместимости людей для желаемого уровня общения. В процессе реализации проекта разработки web-приложения для знакомств решаются следующие задачи:

- 1) проанализировать предметную область;
- 2) рассмотреть структуру организации;
- 3) выявить основную функциональность организации;
- 4) определить функции, которые в процессе работы организации должны быть автоматизированными.
- 5) разработать базу данных, учитывая все этапы проектирования: концептуальное, логическое и физическое;
- 6) разработать пользовательский интерфейс;
- 7) разработать web-приложение;
- 8) реализовать проект, учитывая все требования к интерфейсной и функциональной частям.

Основная задача web-приложения для знакомств – дать своим клиентам информацию о людях, с которыми они могли бы завести знакомство с целью создания семьи или просто общения [1]. Каждый клиент предоставляет web-приложению анкетные данные о себе, фотографии, а также описывает требования к партнеру (возраст, место проживания, цель знакомства, предпочтения и т.п.).

На основании имеющейся информации о пользователях каждому клиенту нужно подобрать список наиболее подходящих профилей на близкое знакомство. Для удобства пользователя должна быть реализована возможность сортировки анкет других профилей, чтобы те, которые ему интересны, он мог всегда легко найти в списке избранного. Для того, чтобы пользователи могли знакомиться и узнавать друг друга лучше, назначать

встречи и просто общаться, должна быть реализована возможность ведения переписок.

Разрабатываемое web-приложение должно обеспечить автоматизацию следующих операций в рамках выбранной предметной области:

- 1) ведение учета пользователей (всей информации о пользователе, включая все добавленные им фотографии/изображения);
- 2) регистрацию новых пользователей;
- 3) изменение данных о пользователях;
- 4) предоставление информации о пользователях в удобном виде;
- 5) автоматический подбор подходящих пользователю профилей на основе результатов пройденного им тестирования и информации о пользователе;
- 6) реализация системы лайков по принципу «лайк – добавить в избранное»;
- 7) возможность отправки любому пользователю сообщений, в том числе с добавлением изображений;
- 8) ведение истории переписки между пользователями.

Актуальность разработки web-приложения «Клуб знакомств» обусловлена необходимостью автоматизации работы любой организации, в том числе клубов знакомств, которые в свою очередь могут набирать востребованность среди желающих найти спутника жизни и создать семью. Для экономии времени пользователя и обеспечения максимально продуктивного и комфортного взаимодействия с сайтом необходимо разработать такое web-приложение, которое будет автоматически подбирать подходящие профили для пользователя, обладать простым и понятным интерфейсом, не засоряющим рабочую область, и реализующим потребности пользователя в онлайн-общении.

Целью данной работы является разработка web-приложения для знакомств, обладающее понятным интерфейсом и позволяющее пользователю быстро находить знакомства с людьми, подходящими друг другу, и поддерживать с ними общение.

Результат. Главный модуль web-приложения работает с данными, хранящимися в разработанной базе данных. Главной операцией web-приложения является сохранение, отображение и преобразование данных пользователя в приемлемую форму вывода.

Обеспечение взаимодействия пользователей системы можно разделить на 5 купных фрагментов:

- 1) регистрация пользователя;
- 2) дополнение и/или изменение данных пользователя;
- 3) структурирование профилей;
- 4) подбор подходящих профилей;
- 5) ведение переписки.

Результатом работы является web-приложение для знакомств. База данных в составе web-приложения позволяет пользователю хранить и

изменять информацию о своем профиле, просматривать профили других пользователей, выполнять поиск профилей по заданным критериям, добавлять понравившиеся профили в избранное (рис. 1), а также вести переписку с другими пользователями (рис. 2).

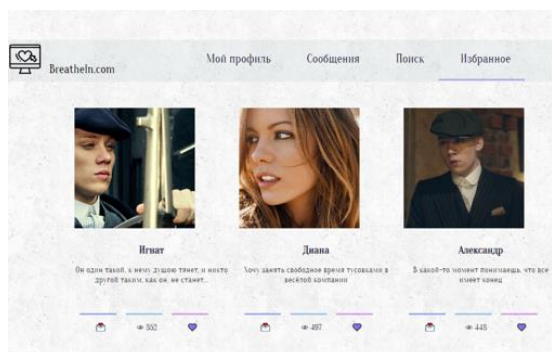


Рис. 1. Скриншот страницы «Избранное»

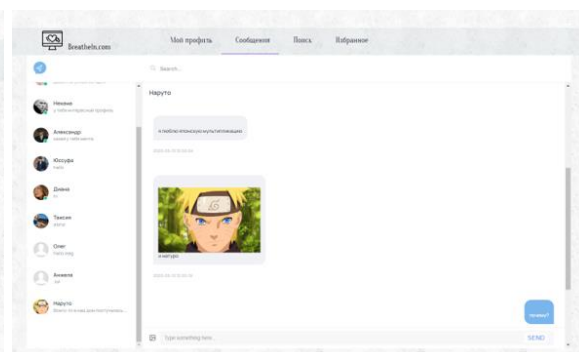


Рис. 2. Скриншот страницы «Сообщения»

Пользователь может выполнять поиск самостоятельно либо воспользовавшись автоматическим подбором подходящих профилей, который производится на основе данных пользователя и его тестировании с целью выявления предпочтений.

Благодаря алгоритму автоматического подбора, приложение может анализировать данные профилей и учитывать предпочтения пользователей, чтобы предлагать подходящие варианты знакомства. Это значительно увеличивает качество и релевантность предлагаемых профилей.

В **заключении** следует отметить, что разработанный программный продукт позволяет пользователям минимизировать временные затраты на поиск желаемых знакомств благодаря функции автоматического подбора подходящих профилей. Дальнейшее направление исследований авторы видят в использовании общих подходов к идентификации и распознаванию произвольных объектов, что позволит, в частности, применить формальные методы в автоматическом отборе подходящих профилей знакомств [2].

Список литературы

1. Котенко Ю.В., Криворучко К.А. Автоматизированная система учета и анализа информации клуба знакомств // 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. 252–255.
2. Курганский А.Н., Максименко И.И. Коалгебраические элементы теории экспериментов с автоматами // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности: Материалы I Международной научной конференции (Донецк, 16-18 мая 2016 г.)- Том 1.- Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. с.240—243.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЕДЕНИЯ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ЗАНЯТОСТИ АУДИТОРНОГО ФОНДА КАФЕДРЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Котенко Ю.В., Романенко А.А.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
yu.kotenko@donnu.ru

Введение. Современные технологии все теснее и теснее интегрируются в нашу повседневную жизнь. Сейчас уже сложно представить сферу деятельности человека, которая обошлась бы без современных технологий.

Высшие учебные заведения (ВУЗы) – это образовательные учреждения, дающие высшее профессиональное образование и осуществляющие научную деятельность.

Одним из важнейших вопросов качественной организации образовательного процесса в высших учебных заведениях является задача создания автоматизированных образовательных программ. Правильное и точное планирование расписания обеспечивает равномерную нагрузку на студенческий и преподавательский состав.

В настоящее время использование информационных систем в высших учебных заведениях не является редкостью. Их применение варьируется от автоматизации отдельных рабочих мест до полной автоматизации деятельности университета. Независимо от объекта автоматизации, будь то профессорско-преподавательский состав или администрация вуза, такие системы внедряются в образовательных учреждениях с конечной целью повышения качества образования.

Актуальность. Исходя из текущей ситуации, можно отметить, что наличие автоматизированных систем подобного типа ограничено, и в данной отрасли не наблюдается значительного развития. Последняя подобная программа была разработана еще в 2008 году [1].

Актуальности данной автоматизированной системы добавляет тот факт, что программа, реализуемая в данном проекте, не имеет высоких системных требований, что расширяет ее потенциальную целевую аудиторию.

Таким образом, актуальность создания данной системы полностью обоснована и представляет собой перспективное решение для удовлетворения потребностей пользователей в данной области.

Цель. Целью данной работы является разработка автоматизированной системы, предназначенной для ведения учета и контроля занятости аудиторного фонда на кафедре компьютерных технологий физико-технического факультета ФГБОУ ВО «ДонГУ». Основной задачей

программы является обеспечение эффективного и надежного учета доступности и занятости аудиторий в рамках кафедры.

Одним из важных требований к разрабатываемой программе является ее полная бесплатность. Это означает, что пользователи смогут без оплаты получить доступ к программе без необходимости платить за лицензию или подписку. Еще одним важным условием является отсутствие рекламы в программе, чтобы пользователи могли работать с ней без назойливых и отвлекающих элементов.

Кроме того, разрабатываемая программа должна предоставлять пользователю интуитивно понятный полноэкранный интерфейс. Это означает, что пользователи смогут легко и удобно взаимодействовать с программой, без необходимости изучать сложные инструкции или проходить обучение. Интерфейс программы должен быть простым, понятным и удобным для всех пользователей.

Результат. В результате проделанной работы была спроектирована и разработана автоматизированная система ведения учета и контроля занятости аудиторного фонда на кафедре компьютерных технологий физико-технического факультета ФГБОУ ВО «ДонГУ». Эта система получила название "WeekSchedule".

WeekSchedule представляет собой современное программное решение, которое обеспечивает эффективное управление аудиторным фондом кафедры. Система позволяет вести подробный учет доступности аудиторий, контролировать и отслеживать занятость каждой аудитории в различные дни недели.

В ходе работы были решены следующие задачи:

- 1) изучена литература по языку Python3 и технологии PyCharm [2];
- 2) спроектирована модель автоматизированной системы, основанная на принципах объектно-ориентированного программирования;
- 3) на основе результатов проектирования была создана программа с помощью модуля wxPython [3].

Для решения ранее поставленных задач и разработки приложения был выбран язык программирования Python 3. Этот язык обладает мощными возможностями и широкой поддержкой в различных областях программирования.

Страница со списком дисциплин, которые изучаются на конкретном направлении подготовки в выбранном семестре, показана на рис.

Заключение. Программа "WeekSchedule" разработана специально для использования на кафедре компьютерных технологий с целью составления расписания занятий. Эта автоматизированная система позволяет упростить и оптимизировать процесс планирования расписания для кафедры.

В дальнейшем планируется развитие программы "WeekSchedule" путем внедрения новых технологий и функциональности. Это включает в себя использование передовых технологий и методов, которые позволят улучшить процесс составления расписания и повысить его эффективность.

Иформация об учебной программе

Программисты 3кур

	Предмет	Кол-во лекций	Кол-во практик
1	Программ.	1	1
2	ОС	1	1
3	БД	1	1
4			
5			
6			

Сохранить

Введите предметы и кол-во их лекций и практик для каждого направления подготовки
После заполнения информации об 1 направлении подготовки нажмите "Сохранить"

Далее

Рис. Страница редактирования учебной программы потоков (программисты 3 курс).

Внедрение новых технологий и расширение функциональности программы "WeekSchedule" позволит улучшить процесс планирования расписания на кафедре компьютерных технологий. Это поможет сократить время, затрачиваемое на составление расписания, и повысить его точность и оптимальность, учитывая различные критерии и особенности кафедры, преподавателей и учебных групп.

Список литературы

1. Бондаренко Н.В. Образование в цифрах: 2019: краткий статистический сборник / Н.В. Бондаренко, Л. М. Гохберг, Н. В. Ковалева и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2019. – 96 с.
2. Документация Python3. – Текст: электронный // Проект Python3 : официальный сайт. – 2023. – URL: <https://docs.python.org/3/index.html> (дата обращения: 19.09.2023).
3. Документация wxPython. – Текст: электронный // Проект wxPython : официальный сайт. – 2023. – URL: <https://docs.wxpython.org> (дата обращения: 19.09.2023).

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ПО ВЫПЛАТЕ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ ДЛЯ ИТ ОТДЕЛОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Кравцов А.С., Нестругина Е.С., канд. техн. наук, доц.,
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
lordartemio02@yandex.ru

Введение. В современном мире информационных технологий организации сталкиваются с рядом проблем, связанных с эффективной оплатой труда сотрудников, особенно в ИТ-отделах. С увеличением числа сотрудников и разнообразия их должностных обязанностей, а также с учетом растущего объема производственных данных, становится сложнее для работодателей корректно определять и выплачивать заработную плату.

Для решения этой проблемы могут использоваться рекомендательные системы, которые с помощью интеллектуального анализа данных позволяют оптимизировать процесс оплаты труда и повысить его прозрачность. Разработка такой системы имеет большую актуальность в современных условиях, когда все больше компаний стремятся к оптимизации своих производственных процессов и повышению эффективности использования своих ресурсов [1].

Цель работы – создание алгоритма, который будет анализировать данные о зарплатах, профессиях и опыте работы сотрудников в ИТ-отделе и на основе этого предлагать рекомендации по оплате труда, учитывая рыночную стоимость труда и другие факторы.

Объектом исследования является процесс оплаты труда в ИТ-отделах.

Основная часть. Современные организации все больше полагаются на технологии и интеллектуальный анализ данных для принятия решений. В сфере управления персоналом рекомендательные системы позволяют обеспечить справедливое и прозрачное распределение заработной платы. Таким образом, разработка рекомендательной системы по выплате заработной платы для ИТ отделов на основе интеллектуального анализа данных имеет большой потенциал для повышения эффективности и конкурентоспособности организаций [2].

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. Собрать и обработать данные о зарплатах, профессиях и опыте работы в ИТ-отделах.
2. Выбрать и проанализировать методы интеллектуального анализа данных, которые могут использоваться для решения задачи.
3. Разработать алгоритм для создания рекомендаций по оплате труда в ИТ-отделах на основе интеллектуального анализа данных.

4. Разработать и протестировать прототип рекомендательной системы.

5. Оценить эффективность рекомендательной системы по выплате заработной платы для IT отделов на основе интеллектуального анализа данных и сравнить с существующими методами и подходами для решения задачи по выплате заработной платы.

Из произведенного анализа существующих методов можно сделать вывод, что рекомендательные системы на основе анализа данных являются перспективным инструментом для разработки более справедливых и эффективных моделей оплаты труда в IT-отделах. Они позволяют автоматизировать процесс принятия решений и обеспечивать персонализированные рекомендации по оплате труда на основе производительности. Однако, для успешной реализации рекомендательных систем необходимо учитывать множество факторов, таких как качество данных, выбор модели машинного обучения, потребности и особенности компании, а также адаптировать программное обеспечение для учета особенностей отрасли и профессиональных навыков, которые являются уникальными для IT-отделов. Кроме того, необходимо учитывать соответствие требованиям законодательства по оплате труда и обеспечение конфиденциальности персональных данных сотрудников. Также выбор конкретного решения будет зависеть от конкретных потребностей компании и ее бюджета. Кроме того, такие системы могут быть интегрированы с другими приложениями, такими как системы управления персоналом, учета рабочего времени и управления проектами, чтобы обеспечить полный цикл управления персоналом в IT-отделах [3].

Рекомендательные системы для оплаты труда в IT-отделах являются эффективным инструментом для улучшения процесса управления персоналом в компаниях, позволяют снизить вероятность ошибок и обеспечить персонализированные рекомендации для каждого сотрудника, что помогает компаниям принимать обоснованные решения по оплате труда и улучшать уровень удовлетворенности сотрудников.

Важно учитывать, что выбор метода и инструментов должен определяться конкретными потребностями компании и доступными ресурсами. При этом необходимо учитывать как достоинства, так и недостатки каждого метода и выбирать наиболее подходящий под конкретные условия метод [4, 5].

После выбора методов и инструментов проводится программирование и отладка разработанной рекомендательной системы. В данном случае использован язык программирования Python и современные библиотеки для анализа данных и машинного обучения, такие как Pandas, NumPy, Scikit-learn и Tensorflow. Программный код написан с использованием лучших практик и принципов разработки программного обеспечения.

Разработанная система тестируется и отлаживается, выполняется проверка ее работы в различных сценариях для обеспечения надежности.

Проводятся тесты как на синтетических данных, так и на реальных данных, чтобы убедиться в правильности функционирования системы.

Реализованная рекомендательная система подготавливается для интеграции с существующей инфраструктурой компании и развертывания в среде реального продакшена. Возможно, также потребуется учитывать вопросы безопасности и конфиденциальности данных при интеграции и развертывании системы.

После разработки и внедрения рекомендательной системы проводится оценка ее работы с использованием существующих данных и реальных случаев использования. На основе результатов оценки принимается решение о дальнейшем развитии системы, включая возможные улучшения и расширения функциональности.

Заключение. В данной работе была поставлена задача разработки рекомендательной системы по выплате заработной платы для IT отделов на основе интеллектуального анализа данных. В результате проведенного анализа, были выбраны методы машинного обучения, статического анализа, экспертной оценки и оптимизации для решения задачи. Для реализации были выбраны следующие технологии: язык программирования Python, библиотеки scikit-learn и xgboost для машинного обучения, PostgreSQL для хранения данных и Django для создания веб-приложения. Был проведен анализ возможных проблем и рисков, которые могут возникнуть при разработке и использовании данной рекомендательной системы. В частности, были рассмотрены проблемы сбора и обработки данных, качества данных, объективности рекомендаций и конфиденциальности данных. В процессе разработки была создана рекомендательная система, которая была протестирована на реальных данных и показала хорошие результаты и может быть полезна для компаний, которые хотят автоматизировать процесс выплаты зарплаты для IT отделов и повысить его эффективность. Однако, при использовании данной системы необходимо учитывать возможные проблемы и риски, связанные со сбором, обработкой и хранением данных.

Список литературы

1. Adomavicius, G., & Tuzhilin, A. Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions. //IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. –2005.– С. 734-749.
2. Bell, R. M., & Koren, Y. Lessons from the Netflix Prize Challenge //ACM SIGKDD Explorations Newsletter. – 2007. – С. 75-79.
3. Konstan, J. A., & Riedl, J. Recommender systems: from algorithms to user experience. //User Modeling and User-Adapted Interaction. – 2012. – С. 101-123.
4. Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2014). Big data: A survey. Mobile //Networks and Applications. – 2014. – С. 171-209.
5. Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction. – New York: Springer. 2nd ed. – 2009. – 764 c.

МОБИЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ВИЗУАЛЬНО СКРЫТЫХ ПРОЦЕССОВ

Крыжевич А.А.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
artem.kryzhevich.a@yandex.ru

Введение. Многие промышленные процессы протекают в условиях, которые затрудняют прямой визуальный контроль. Это может быть связано с высокой температурой, токсичностью и другими опасными условиями. В таких случаях для мониторинга процесса необходимо использовать косвенные методы, такие как измерения температуры, давления и других параметров. Однако их использование может быть трудоемким и дорогостоящим.

В современном мире теплообменные аппараты широко используются в различных отраслях промышленности для охлаждения или нагрева жидкостей. Однако, в процессе теплообмена могут возникать различные явления, которые затрудняют контроль и оптимизацию работы аппаратов. Например, кипение, конденсация, фазовые переходы, турбулентность и т.д. Эти явления часто визуально скрыты от наблюдателя, так как происходят внутри труб или корпусов аппаратов.

Целью данного исследования является разработка мобильного приложения, основанного на технологии AR, которое позволит операторам и инженерам визуализировать и контролировать процессы внутри противоточного теплообменного аппарата с помощью мобильного приложения.

Основная часть. Противоточные теплообменные аппараты играют ключевую роль во многих производственных процессах. Они используются для переноса тепла между двумя потоками жидкости или газа, обеспечивая эффективное охлаждение, нагрев или конденсацию. Параметры, входящие в математическую модель такого аппарата, включают скорость потока, плотность среды, удельную теплоемкость и коэффициент теплопередачи. Важно отметить, что визуальное наблюдение этих параметров обычно невозможно без специализированного оборудования.

Существующее исследование показывает, что в теплообменных аппаратах течения теплоносителей могут сопровождаться фазовыми переходами в виде закипания и полного испарения. Для моделирования таких течений используется метод выделения границ начала и конца кипения. В этой работе рассматриваются одномерные, нестационарные течения противоточных теплоносителей в теплообменном аппарате, которые разделены абсолютно теплопроницаемой стенкой [1]. Формулы, приведённые в исследовании, дают возможность преобразовать математическую модель процессов внутри теплообменника в программный расчёт и последующую визуализацию скрытых процессов.

Мобильный контроль представляет собой технологию, которая позволяет пользователям получать доступ к информации и управлять устройствами с помощью гаджетов. В контексте промышленного применения мобильный контроль может использоваться для мониторинга процессов и удаленного управления оборудованием.

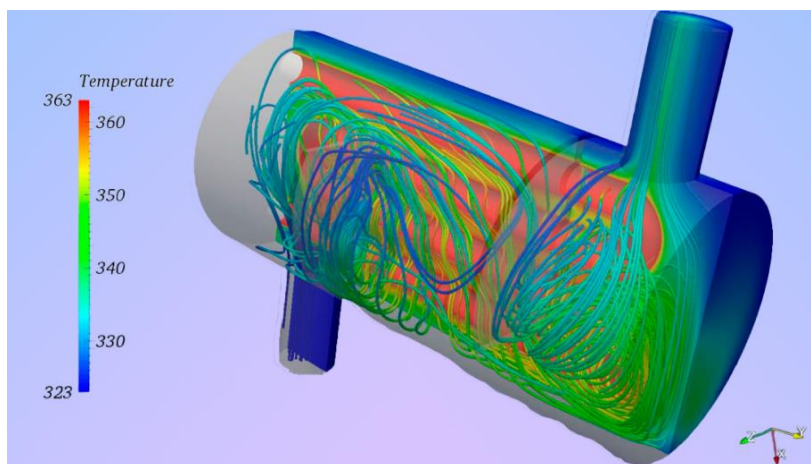


Рис. Пример модели противоточного теплообменного аппарата для отображения с помощью дополненной реальности

На рисунке показан пример модели противоточного теплообменного аппарата, которая может быть использована для визуализации процесса теплообмена. Модель является пространственно-распределенной, основана на математической модели теплообмена, которая учитывает влияние скорости, плотности, удельной теплоемкости и коэффициента теплопередачи. На выходе из теплообменника получаем информацию об изменении температуры во времени и в каждой точке пространства.

Для достижения цели, поставленной в данном исследовании, будут использоваться следующие технологии:

1. Vuforia как инструмент для работы с AR в среде разработки Unity, который позволяет создать маркеры и объекты дополненной реальности, которые визуально связаны с реальными объектами, такими как компоненты теплообменного аппарата.

2. Unity— это мощный игровой движок и среда разработки, которая позволяет создавать интерактивные приложения и экспортировать их на мобильные устройства. С его помощью мы создаем виртуальную модель противоточного теплообменного аппарата и интегрируем ее с функциональностью AR.

3. C# используется для разработки логики приложения в Unity. Он позволяет управлять визуальными элементами, обработкой данных и взаимодействием с мобильными устройствами.

Работа мобильного приложения, использующего технологию дополненной реальности (AR) для контроля визуально скрытых процессов, включает в себя следующие ключевые этапы:

1. Визуальное отслеживание объектов. Визуальные данные с камеры мобильного устройства передаются в приложение, которое использует технологию AR для распознавания маркеров или объектов. В случае контроля противоточного теплообменного аппарата, маркерами могут быть элементы этого аппарата или специальные коды, размещенные на его поверхности.

2. Виртуальная визуализация. После распознавания маркеров приложение виртуально визуализирует параметры и процессы, которые обычно невидимы. Например, оно может создать визуальные эффекты, отображая пузырьки кипения, границы фазовых переходов и другие характеристики процесса.

3. Получение и анализ данных. Приложение собирает данные о параметрах процесса, таких как скорость потока, теплоемкость, плотность и коэффициент теплопередачи, на основе визуальных элементов и виртуальных индикаторов. Эти данные передаются в систему обработки, где они анализируются, сохраняются и отображаются для операторов.

4. Интерактивность и управление. Приложение предоставляет возможность взаимодействия с визуализированными объектами и данными. Операторы могут выбирать параметры, изменять настройки и получать рекомендации по оптимизации процесса. Все это происходит в режиме реального времени, что позволяет быстро реагировать на изменения и принимать решения.

Заключение Мобильный контроль визуально скрытых процессов с использованием технологии дополненной реальности представляет собой инновационный подход к управлению и мониторингу производственных процессов. Применение этой технологии может значительно повысить эффективность и точность контроля, сократив риски человеческой ошибки. Дальнейшие исследования и разработки в этой области обещают улучшить работу промышленных предприятий и повысить их конкурентоспособность.

Список литературы

1. Пшеничный К. А. Моделирование нестационарных противоточных течений с фазовыми переходами / К. А. Пшеничный, В. К. Толстых // Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – 2021. – С. 285-287.

РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК ГАЗА

Ломонос Г.Т.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
lomonos.gn@gmail.com

Введение. Проблема утечки газа в жилых домах до сих пор является актуальной, учитывая, что множество домов – особенно старой постройки – газифицированы. При утечке газ способен вызвать отравление, удушье и стать причиной взрыва. Как известно природный газ, основную часть которой составляет метан (CH₄) и в концентрации от 5% до 17% с воздухом образует взрывоопасную смесь [1].

Цель – разработка программного обеспечения и создание микропроцессорного прибора для обеспечения обнаружения в помещениях утечки угарного и/или природного газа, подачи сигналов тревоги и оповещения по сети Интернет абонентов и аварийную службу.

Основная часть. В докладе представляется решение на основе использования платы AZ-Envy WLAN ESP8266-12F реализации системы оповещения по сети Интернет в случае обнаружения утечки газа или задымления при использовании в помещениях газового оборудования.

Внешний вид платы AZ-Envy WLAN на основе чипа ESP8266-12F для разработчиков проектов домашней автоматизации приведен на рис. 1 [2].



Рис. 1. Плата AZ-Envy WLAN ESP8266-12F

На плате установлен 32-битный микроконтроллер с ультранизким энергопотреблением (в режиме ожидания 0,02 мА), с поддержкой тактовых частот от 80 МГц, встроенный высокоточный 10-битный АЦП, радиointерфейс Wi-Fi с микрополосковой антенной, а также с поддержкой Wi-Fi стандарта IEEE802.11 b/g/n и полный стек TCP/IP протоколов.

Выбор данной платы был обусловлен её относительно небольшой стоимостью и основным её предназначением – мониторинг окружающей

среды. Кроме микроконтроллера на ней под взрывозащитным кожухом из плотной сетки установлен датчик MQ-2 для определения в воздухе концентрации угарного газа, метана, водорода, пропана, паров спирта, углеводородных газов (LPG – Liquefied petroleum gas – сжиженных углеводородных газов) в пределах измерения от 300 до 10000 миллионных долей (ppm – parts per million) и датчик SHT30 – для измерения температуры и влажности.

Встроенный стек протоколов TCP/IP ESP8266-12F позволяет программировать микроконтроллер для подключения по технологии Wi-Fi к сети Интернет и работать в трех разных режимах: режим станции, режим точки доступа и оба первых режима одновременно.

Для оповещения пользователей в случае возникновения опасности по данным от датчиков в созданной программе для микроконтроллера реализовано применение метода отправки сообщений посредством телеграмм бота в Telegram Messenger, поскольку этот облачный сервис обмена мгновенными сообщениями получил широкое распространение как одно из наиболее популярных программных приложений.

Выбор этого метода обуславливается несколькими вполне объективными причинами:

- в Telegram реализован простой механизм отправки сообщений через API ботов в чат или канал;
- все сообщения, отправленные через бот, синхронно доставляются всем подписчикам бота и на смартфоны, и на компьютеры.

Разработанное программное обеспечение для ESP8266-12F взаимодействует с ботом Telegram для отправки сообщений в созданную для нашей цели учетную запись Telegram.

При помощи встроенных на плате датчиков наряду с температурой и влажностью периодически в бесконечном цикле измеряется концентрация газов в воздухе. Всякий раз, когда измеряемые параметры окружающей среды выйдут за допустимые пределы, абоненты, включённые в список рассылки и аварийная служба получают об этом уведомление в Telegram Messenger.

Поскольку для отправки сообщений нескольким пользователям в Telegram нужно знать идентификатор каждого абонента и отправлять уведомления каждому по очереди, что не очень удобно, то для многоадресной одновременной рассылки создаём приватный канал и добавляем туда нужных пользователей (по ссылке-приглашению, например). В таком варианте бот отправляет сообщение в канал, а все пользователи одновременно получают сообщения из канала. При необходимости можно добавлять или удалять пользователей канала, не затрагивая при этом программную начинку ESP8266 микроконтроллера AZ-Envu.

Пример в режиме тестирования разработанного программного обеспечения отправления оповещений подписчикам канала сообщений с

данными измерения датчиком газа MQ-2 и в случае возникновения опасной ситуации при превышении установленного порогового значения концентрации газа приведен на рис. 2.

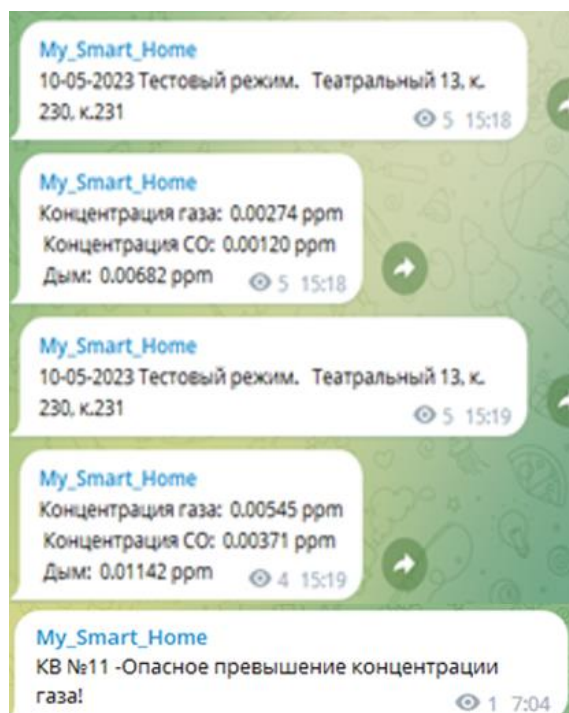


Рис. 2. Примеры оповещения подписчиков в канале Telegram

Заключение. Разработан проект конструкции и программное обеспечение на основе платы AZ-Envy WLAN ESP8266-12F прибора для оповещения группы абонентов в Telegram канале в случае обнаружения утечки газа или задымления. Обеспечивается измерение параметров окружающей среды таких как:

- в воздухе концентрации угарного газа, метана, водорода, пропана, паров спирта, углеводородных газов в пределах от 300 ppm до 10000 ppm;
- измерение температуры с точностью $\pm 0,2$ ° C;
- точность измерения относительной влажности ± 2 %.

Список литературы

1. Почему так сильно взрывается газ в жилых многоквартирных домах? – URL: <https://masterok.livejournal.com> (дата обращения 17.03.2023)
2. AZ-Envy WLAN ESP8266-12F Environment Development board with moisture and air quality sensor (MQ-2 and SHT30) – URL: <https://www.az-delivery.de/en/products/az-envy> (дата обращения 17.03.2023)

ПРЕДСТАВИМОСТЬ СПЕЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ ФРАГМЕНТАМИ И КОНТРОФРАГМЕНТАМИ ПОВЕДЕНИЯ

Максименко И.И., канд. физ.-мат. наук
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
igor.maksimenko_1967@mail.ru

Введение. В настоящее время наиболее актуальной проблемой в теории дискретных систем является анализ поведения объекта (автомата, помеченного графа и т.д.) на основании проведения с ним контрольных и распознающих экспериментов [1,2]. В работах [1] был исследован подход к изучению такого рода экспериментов в классах автоматов Мили на основе их представления вычислимыми окрестностями в эффективных топологических пространствах. Для «бэровской» метрики, отражающей близость автоматов по поведению, были найдены конструктивные критерии существования контрольных экспериментов [2].

Данные методы были обобщены автором на неструктурированные объекты, алгебраические системы специального вида, решетки и замкнутые идемпотентные полукольца [3,4].

В работе [5] автором в сотрудничестве с Курганским А.Н. описанный выше подход перенесен на язык коалгебр как категориального аналога динамических систем.

Данные исследования позволили выявить некоторые общие теоремы для различных математических систем, что позволяет исследовать свойства экспериментов в самом общем виде.

Актуальность данного подхода состоит в выделении наиболее общих свойств разного типа экспериментов вне природы рассматриваемых математических объектов, что обобщает известные результаты в теории автоматов и позволяет построить основы общей теории экспериментов.

Целью настоящего исследования является выделение таких базовых характеристик математических систем, которые позволяют строить содержательные модели экспериментов с перенесением центральных результатов из теории автоматов.

Результат.

Рассмотрим произвольную математическую систему вида $\mathbb{R} = (A, +)$, где элементы множества A будем далее называть объектами, а операция сложения $+$ идемпотентна, коммутативна и ассоциативна. В данной системе естественным образом существует такая операция частичного порядка, для которой выполнено $A \leq B$ тогда и только тогда, когда $A + B = B$. Предполагается также замкнутость системы объектов относительно произвольной суммы $b = \sup\{a_i\} = \sum_i a_i$. Если выполнено

соотношение $A \leq B$, то объект A называется фрагментом B ($A \in Fr(B)$), в противном случае – его контрфрагментом ($A \in CtFr(B)$).

Для каждого объекта A зададим функцию сложности $n: (A, +) \rightarrow \mathbb{N}^+ \cup \infty$, для которой выполнены свойства:

1. Для любых объектов A, B из $A \leq B$ вытекает $n(A) \leq n(B)$
2. Для произвольного $\{A_i\}$ выполнено $n(\sum_i A_i) = \sup(n(A_i))$

Объект A назовем финитным, если его сложность $n(A)$ конечна, и инфинитным в противном случае.

Объект является разделяющим для объектов A и B ($C \in S(A, B)$), если выполнено точно одно из соотношений (C - фрагмент объекта A и контрфрагмент объекта B) или (C - контрфрагмент объекта A и фрагмент объекта B).

На $(A, +)$ зададим «расстояние» между объектами β аналогично «бэрвской» метрике [2], полагая, что $\beta(A, B) = 0$, если $A = B$ и $\beta(A, B) = 1/r$, где $r = \inf\{n(C) \mid C \in S(A, B)\}$ в противном случае. Заметим, что это не метрика в классическом смысле, так как объекты A, B могут быть не эквивалентными, но при этом выполнено равенство $\beta(A, B) = 0$.

Введем множество предельных объектов $LimF$ для множества F следующим образом $LimF = \{B \in \mathbb{R} \mid \inf\{\beta(B, C) \mid C \in F, C \neq B\} = 0\}$.

Алгебру $(A, +)$ назовем финитно делимой, если для любых не равных объектов существует разделяющий их финитный объект.

Пару объектов $(A, B) \in Fr(A_0) \times CtFr(A_0)$ назовем представлением для объекта $A_0 \in \mathbb{R}$ и класса объектов $F \subseteq \mathbb{R}$, если для любого $C \in F$ из включения $(A, B) \in Fr(C) \times CtFr(C)$ вытекает $C = A_0$.

Представление является финитным, если оба составляющих его объекта финитны и инфинитным в противном случае.

Следующее утверждение сводит рассмотрение системы объектов к совокупности множеств их фрагментов с сохранением функции сложности

Утверждение 1. *Алгебраические системы (\mathbb{R}, \leq, n) и $(Fr(\mathbb{R}), \subseteq, n)$ изоморфны.*

Имеет место утверждение, аналог которого не выполняется в классах автоматов Мили

Утверждение 2. *Всегда существует инфинитное представление для всякого A_0 и произвольного множества F .*

Однако справедлив следующий метрический критерий существования финитных представлений финитно делимых алгебр $\mathbb{R} = (A, +)$:

Теорема 3. *Финитное представление для всякого $A_0 \in \mathbb{R}$ и произвольного множества $F \subseteq \mathbb{R}$ существует тогда и только тогда, когда $A_0 \notin LimF$.*

Данная теорема является прямым обобщением аналогичного критерия существования контрольных экспериментов для автоматов Мили [1,2], в котором вместо конечных представлений для автоматов фигурирует финитное представление и объекты финитно разделимыми.

Следует также отметить, что подобный метрический критерий финитной представимости справедлив для неструктурированных множеств дескрипторов, алгебраических систем специального вида, решеток и замкнутых идемпотентных полуколец [3,4,5].

Заключение. Предложенный в данной работе критерий финитной представимости для системы $\mathbb{R} = (A, +)$ является фундаментальным принципом отделимости объекта и множества объектов как для ранее исследованных структур (неструктурированных объектов, алгебраических систем специального вида, решеток и замкнутых идемпотентных полуколец), так и для классической теории контрольных экспериментов с автоматами.

В дальнейшем, автор планирует перенести данный подход для описания элементов общей теории экспериментов на язык теории категорий, что позволит использовать все богатство методов теорий коалгебр, категорий и графов.

Список литературы

1. Грунский И.С., Козловский В.А. Синтез и идентификация автоматов. – Киев.: Наукова думка, 2004.– 245 с.
2. Максименко И.И. Распознавание в эффективно-заданных классах автоматов//Труды института прикладной математики и механики. – 1998 г. – Том 2. –С.115-123.
3. Грунский И.С., Максименко И.И. Распознавание неструктурированных объектов//Труды института прикладной математики и механики. – 2010 г. – Том 21. –С.76-85.
4. Максименко И.И. Финитные представления в алгебраических системах//Труды института прикладной математики и механики. – 2011 г. – Том 18. – С.56-67.
5. Курганский А.Н., Максименко И.И. Коалгебраические элементы теории экспериментов с автоматами //Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности: Материалы I Международной научной конференции (Донецк, 16-18 мая 2016 г.). – Том 1.. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, – 2016. – С. 240-243.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КАК ОБЯЗАТЕЛЬНЫЙ НАВЫК HARD SKILLS XXI ВЕКА

Мартыненко А.М., Евченко А.А.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
alina_eva03@mail.ru

Введение. В настоящее время SNS (сайты социальных сетей) значительно влияют на социальную жизнь человека, следовательно, и на конкурентоспособность различных фирм и организаций. Дело в том, что персональный компьютер стал основным инструментом по работе с информацией любого формата, поэтому он является неотъемлемой частью практически каждого рода деятельности от поиска информации до создания полноценного маркетингового продукта. В связи с этим расширился перечень требований при трудоустройстве и в рамках обязательных профессиональных навыков.

Отмечая популярную тенденцию делить навыки на «Soft skills» и «Hard skills», можно обратиться к той же системе. Soft-skills – навыки, проявление которых сложно отследить, проверить и наглядно продемонстрировать. К ним относят коммуникационные навыки, умение работать в команде, тайм-менеджмент, ораторское мастерство, предрасположенность к сферам продаж, ярко выраженные лидерские черты, стремление к личностному развитию и росту и т. д. [1, с. 23]. Hard skills – технические навыки или навыки, которые можно наглядно продемонстрировать. К ним относят знание технологий и их практическое использование, умение анализировать и прогнозировать, ГОСТы и другие стандарты, ремонт и профилактику оборудования, составление бухгалтерской отчетности и т. д. Hard skills также определяют как знание прикладных процессов в рамках определенной должности [1, с. 24].

Компьютерная грамотность относится непосредственно к Hard skills. Компьютерная грамотность – понятие комплексное, оно включает в себя умение работать на ПК и других информационных устройствах, пользование главными офисными программами, понимание основных определений, элементарные способности работы с текстом [2, с. 3]. Без неё организации и фирмы вынуждены тратить дополнительное время и ресурсы, чтобы обучить нового сотрудника. Чем ниже уровень компьютерной грамотности сотрудника, тем больше времени на его обучение уйдет. Но это не единственная проблема для работодателя: сформированные знания и умения будут отрабатываться в процессе исполнения своих обязанностей, что приведет к увеличению времени на выполнение поручений, неоднократным ошибкам, повышенному контролю за качеством со стороны более опытного сотрудника и другие. И

как бы хорошо не были развиты навыки Soft-skills, без должного качества Hard skills, придется учитывать принимаемые риски, о которых более подробно написали Н. Н. Петрищева и её соавторы [2].

Поэтому данное исследование, посвящённое использованию компьютерных технологий как обязательного навыка Hard skills, является актуальным.

Целью является анализ научной литературы, посвящённой исследованиям процесса подбора сотрудников, обладающими знаниями и умениями для работы с компьютерными технологиями.

Основная часть. Учитывая современные тенденции и экономические условия, большую ценность имеют сотрудники, обладающие высокими компетенциями в направлении Hard skills. Это прогнозирование, аналитики, статистики, IT. Для командной работы эффективнее будет привлечь сотрудника с Hard skills, т.к. он будет обладать необходимыми ключевыми компетенциями: подготовка проекта, делегирование обязанностей и контроль качества на ключевых этапах, планирование, составление бюджета, управление рисками и т.д.

К Hard skills также относится использование компьютерных технологий, как основной навык профессиональной компьютерной грамотности. В данной статье под компьютерными технологиями подразумеваются цифровые технологии, использующиеся посредством компьютера. Исходя из исследования Е.М. Филиповой и её коллег наиболее общедоступной для пользователей ПК является операционная система MS Windows с офисными приложениями MS Office, также интерес представляют мультимедийные и интернет-технологии [3, с. 82]. Наиболее знакомыми программами являются MS Word, MS Excel, MS PowerPoint [3, с. 83].

Использование компьютерных технологий специалистами с подходящими для определённого бизнеса навыками Hard skills для нанимателя представляет следующий перечень основных преимуществ:

1. Качество обратной связи. Умение специалистами пользоваться социальными сетями и мессенджерами позволяет выстроить эффективную иерархию взаимодействия, в рамках которой информация будет наглядно представлена, сохранена и доставлена в любое время, не требуя непосредственного присутствия всех сотрудников. Также качество обратной связи с клиентами вырастет, потому что образуется связь специалиста и клиента, можно будет быстро реагировать на положительные или отрицательные реакции клиентов на определенный товар или услугу.

2. Эффективность. Современные компьютерные технологии позволяют решать все большее количество задач, поставленных перед организацией или фирмой, что позволяет облегчить деятельность специалистов и сконцентрировать их внимание и экспертное мнение на более важных задачах.

3. Удобство. Использование компьютерных технологий в настоящее время позволяет применять их без особых вложений и проблем, т.к. информатизация общества привела к тому, что у большинства людей в обществе имеется ПК для личного пользования или подобный ему гаджет. Покупка продукции и услуг стала более доступной с развитием бизнеса в интернете.

4. Конкурентоспособность. Площадками для продажи услуг и товаров стали социальные сети, мессенджеры, маркетплейсы и т.д. Появился ряд новых профессий: Web-программист, SEO-маркетолог, SMM-специалист, Контент-менеджер, Web-аналитик, Таргетолог и многие другие.

Заключение. Компьютерные технологии делают бизнес более эффективным, результативным и оперативно реагирующим на потребности клиентов. Поэтому современному человеку в любой сфере деятельности необходимо владеть компьютерной грамотностью, чтобы быть более конкурентоспособным на рынке труда.

Список литературы

1. Семенюк, Е. А. Роль soft-skills и hard-skills в современных тенденциях HR-менеджмента / Е. А. Семенюк // Державинский форум. – 2018. – Т. 2, № 7. – С. 23-29. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_36293319_91_563546.pdf (дата обращения: 19.09.2023).
2. Петрищева, Н. Н. Развитие коммуникационных навыков и компьютерной грамотности личности средствами информационных технологий / Н. Н. Петрищева, К. Р. Гималетдинова, В. Г. Шубович // Тенденции развития образования: педагог, образовательная организация, общество – 2020: сб. матер. Всероссийской науч.-практ. конф., Чебоксары, 19–21 августа 2020 года / БУ ЧР ДПО «Чувашский республиканский институт образования» Министерства образования и молодежной политики Чувашской Республики. – Чебоксары: ООО Издательский дом «Среда», 2020. – С. 78-83. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_44065785_34912545.pdf (дата обращения: 19.09.2023).
3. Филиппова, Е. М. Развитие компьютерной грамотности специалистов старшего возраста в процессе профессиональной переподготовки / Е. М. Филиппова, А. А. Рыбанов, О. Ф. Абрамова // Сб. трудов по проблемам дополнительного профессионального образования. – 2021. – № 42. – С. 80-86. – URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_47475307_65_113961.pdf (дата обращения: 20.09.2023).

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ «GOLANG»

Мартыненко А.М., Павликов А.О.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
a.pavlikov2002@gmail.com

Введение. В эпоху Интернета сложно найти человека, который не слышал про такие понятия как «поисковая система», «сайт», «web-страница». С каждым днем количество пользователей и их запросы в Интернете растут. Обычный просмотр статического текста и различной другой информации в браузере или на каких-то форумах уже не устраивает людей: в использование активно входят сайты, где пользователи могут коммуницировать друг с другом и активно взаимодействовать с остальными посетителями этого сайта. Таким синтезом всех этих возможностей стали социальные сети, которые совмещают большую вариацию пользовательских взаимодействий, это и вызвало такую популярность социальных сетей[1].

Цель исследования – разработка программного продукта «Социальная сеть Golang». Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. изучить и проанализировать современные подходы к построению социальных сетей;
2. выбрать технологии реализации;
3. спроектировать и реализовать все части программы;
4. провести тестирование.

Основная часть. При разработке социальной сети были использованы следующие технологии: язык программирования Go для написания серверной части проекта, html и css для создания web-интерфейса, postgresql для хранения данных клиентов социальной сети.

Go (также Golang) – компилируемый многопоточный язык программирования, разработанный внутри компании Google [2].

PostgreSQL – это объектно-реляционная система управления базами данных с открытым исходным кодом, на языке C.

Проектирование концептуальной модели представляет собой описание основных сущностей и связей между ними. Здесь не учитываются принятая модели БД и синтаксис целевой СУБД [3]. На рисунках 1 и 2 представлены логическая и физическая схема базы данных социальной сети «Golang».

В результате разработки был создан программный продукт – социальная сеть «Golang». Программный продукт является самодостаточным и автономным. Данные для работы приложения хранятся в виде базы данных SQL-типа.

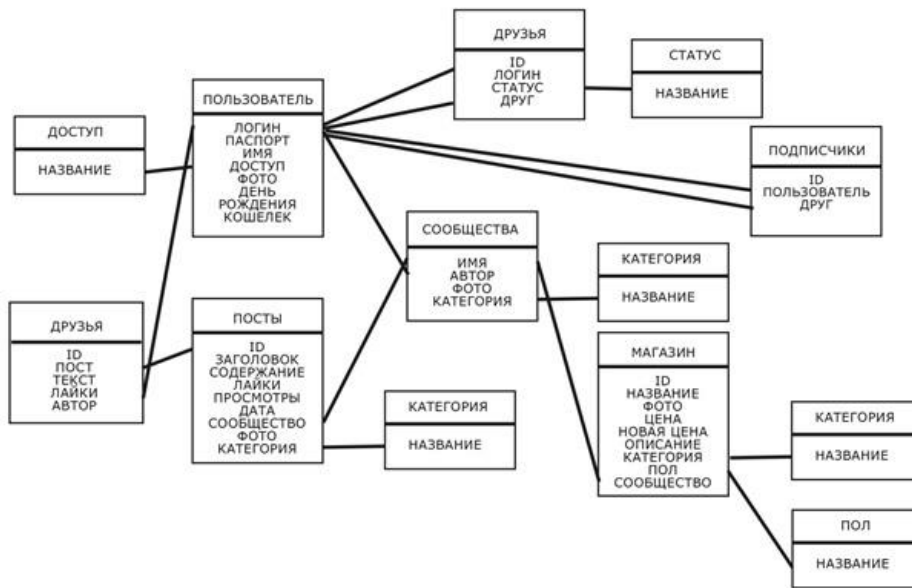


Рис. 1. Логическая схема базы данных

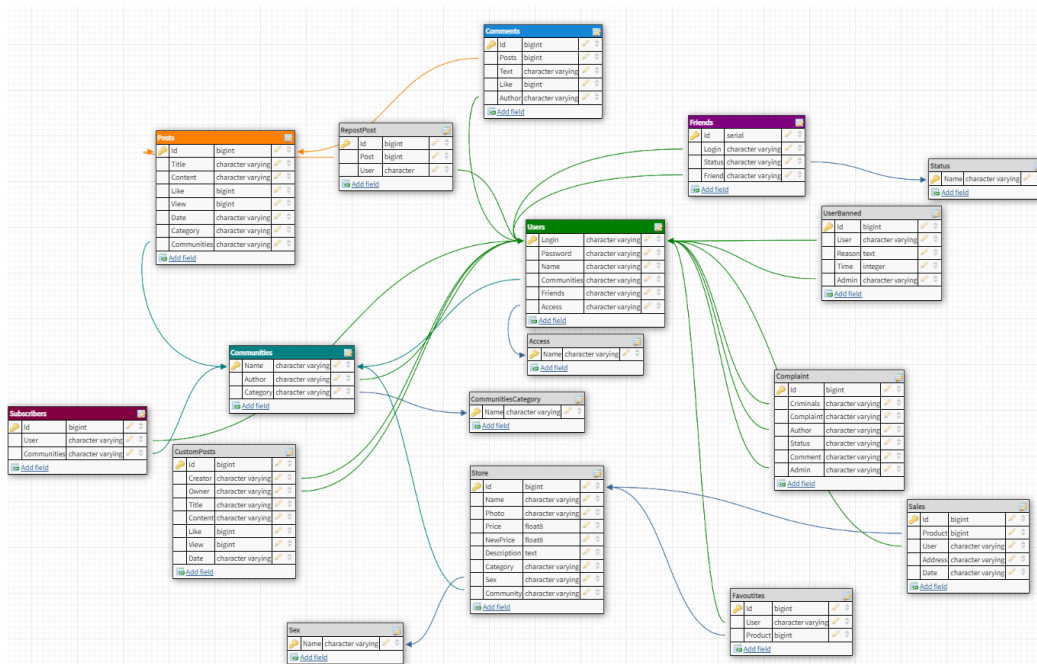


Рис. 2. Физическая схема базы данных

Структурно программа «социальная сеть» состоит из пользовательской части и серверной. Основной функционал пользователя: Регистрация пользователя; Авторизация пользователя; Создание постов; Создание сообществ; Добавление и удаление друзей; Подписки на различные сообщества; Оценка и комментирование различных постов; Добавление и удаление товара; Покупка товара; Переписка с друзьями.

Разработанное приложение обладает интуитивно-понятным интерфейсом, реализующих требуемое число коммуникативных технологических процессов и операций, которые поддаются автоматизации.

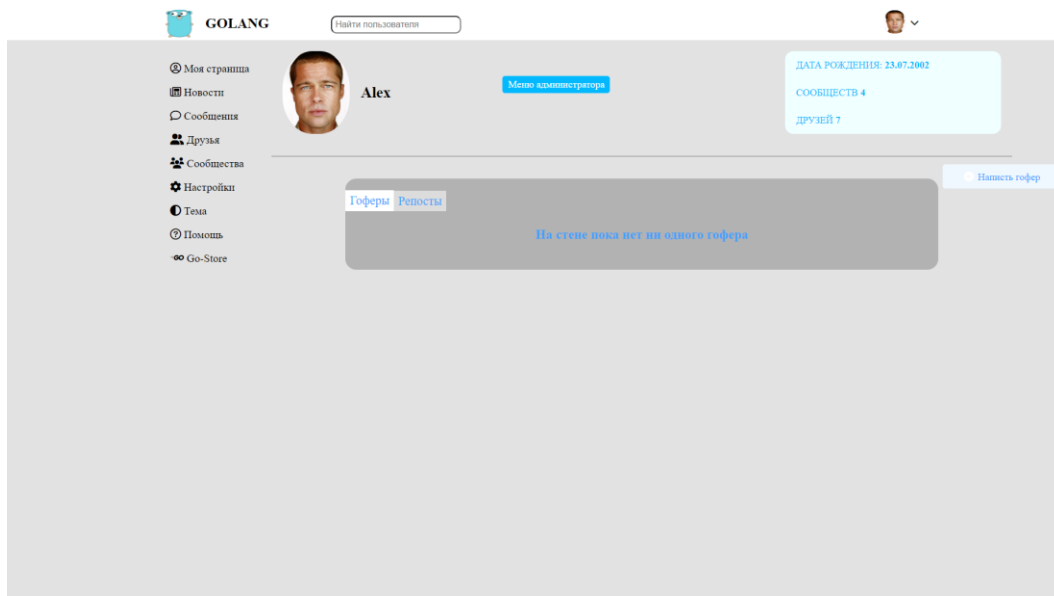


Рис. 3. Страница с профиля пользователя

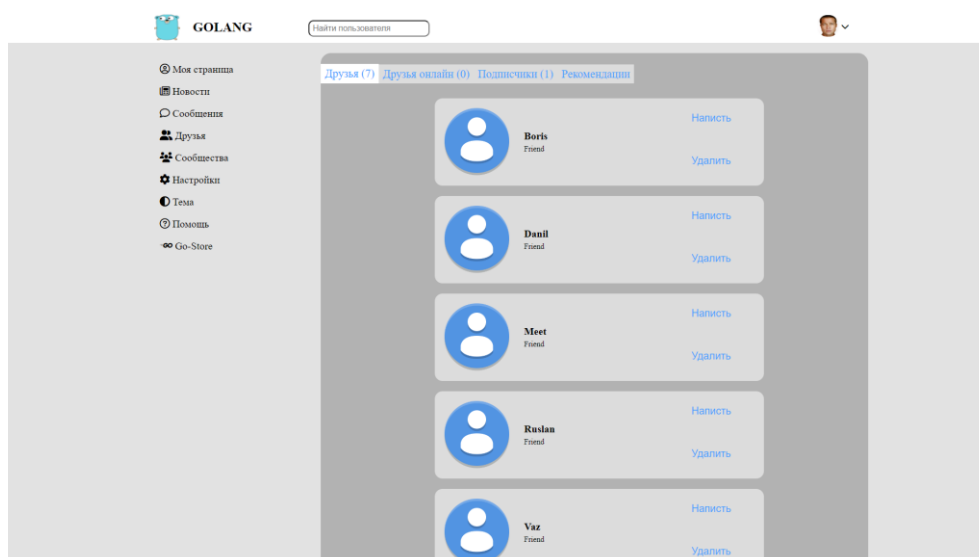


Рис. 4. Страница «Друзья»

Заключение. Социальные сети объединяют людей любых социальных групп, предоставляют им общение и доступ к различным развлечениям, таким как музыка, игры, видео и т.д., этим они и привлекают людей – они удобны и удовлетворяют потребностям человека и именно поэтому они и являются основой современного общества.

Список литературы

1. Как я сделал социальную сеть в 2019 [Электронный ресурс].
URL: <https://habr.com/ru/articles/458188/> (дата обращения: 23.09.23).
2. Общая информация о языке программирования Go [Электронный ресурс].
URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Go> (дата обращения: 23.09.23).
3. Вингерс Карл. Разработка требований к программному обеспечению / Пер, с англ. – М.: Издательско-торговый дом «Русская Редакция», 2011. – 576 с.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ВЕБ-РЕСУРСА ДЛЯ САДОВОДЧЕСКОГО ТОВАРИЩЕСТВА

Мартыненко А.М., Теличук А.В.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
anastasia.pngg@gmail.com

Введение. С развитием технологий и доступностью интернета, веб-технологии стали важным инструментом для организации и упрощения деятельности человека. Через веб-сайты можно удобно и доступно получить нужную информацию или общаться с другими людьми. Для садоводческих товариществ веб-сайты могут стать ключевым инструментом для продвижения и рекламы своей деятельности, упрощения коммуникации и повышения эффективности работы.

Разработка специального программного обеспечения для садоводческого товарищества имеет множество преимуществ и выгод. Во-первых, это позволяет повысить эффективность работы товарищества и улучшить коммуникацию между его членами. Во-вторых, это позволяет расширить аудиторию и привлечь новых членов сообщества, которые будут заинтересованы в садоводстве и экологической культуре.

Цель исследования состоит в выборе оптимального решения для разработки сайта садоводческого товарищества, который будет соответствовать требованиям пользователей и представлять им необходимый функционал.

Основная часть. Садоводческие товарищества являются распространенными формами организации досуга и занятий садоводством для граждан во многих странах мира, включая Россию. Такие товарищества объединяют людей с общими интересами и целями в области садоводства и огородничества. Поэтому объектом исследования является садоводческое товарищество. Предмет исследования — это автоматизация взаимодействия между участниками садоводческого товарищества и его администрацией.

Для выбора оптимального подхода в разработке программного обеспечения был проанализирован рынок существующих аналогов и технических средств реализации. Исследовалась предметная область сайтов садоводческих товариществ их архитектура и принципы оформления.

Ключевым средством взаимодействия пользователя с компьютером является графический пользовательский интерфейс[1]. В разработке задействована IDE PHP Storm [3], с помощью которой велась работа над всем проектом, и технология OpenServer, для запуска локального сервера.

Были спроектированы база данных и клиент-серверное приложение. Построен интуитивно понятный интерфейс пользователя.

В результате разработки был создан программный продукт, позволяющий пользователям получать информацию об участках, платежах, штрафах, заключенных договорах, новостях сообщества, технике и ее аренде. Физическая модель данных включает в себя все необходимые таблицы. Производительность базы данных, стратегия индексации, физическое хранилище и нормализация — важные параметры физической модели [2].

Администрация садоводческого товарищества на ресурсе может управлять следующими категориями данных:

1. Пользователи – данные об учетных записях пользователей;
2. Члены СТ – личные данные участников товарищества;
3. Объявления – таблица с новостями;
4. Участки – данные о земельных участках;
5. Договоры – данные о договорах на землю между товариществом и его участниками;
6. Штрафы – описание штрафов;
7. Учет штрафования – ведение учета о штрафовании участников товарищества;
8. Техника – описание техники, доступной для аренды;

Разработанное приложение обладает интуитивно-понятным интерфейсом.

Участок № 1

Номер участка: 1
Адрес участка: обл Ростовская, г Ростов-на-Дону, Княжий дом. ул 1. д.1
Площадь: 3 га.
Кадастровая стоимость участка: 245000 р.

Контракт

Номер контракта: 1
Дата подписания контракта: 2023-05-02
Дата истечения контракта: 2025-05-02
Стоимость контракта: 60000 р.

Техника

Техника: Трактор MS 300
Дата аренды: 2023-05-02
Дата возврата: 2024-05-10
Сумма: 96000

Рис. 1. Страница «Мой участок»

Панель администратора для управления сайтом. Администратор обновляет всю информацию, расположенную на сайте содружества, меняет новостную ленту на главной странице ресурса.



Рис. 2. Страница «Панель администратора»

Заключение. Использование предложенного веб-ресурса позволяет сотрудникам оперировать данными в наиболее удобном виде, при этом затрачивая минимальное количество ресурсов. И предоставляет наиболее эффективное решение для структурирования задач и целей садоводческого товарищества. На текущем этапе исследований ведется работа над модулем анализа данных и продолжается наполнение системы данными.

Список литературы

1. Учебное пособие по дисциплине «Информатика и информационно-коммуникационные технологии» для студентов физико-технического факультета университета. / А.М. Мартыненко. – Донецк: ГОУ ВПО «ДонНУ», 2020 -163с.с.
2. Дронов В.А. PHP, MySQL, HTML5 и CSS 3. Разработка современных динамических Web-сайтов; БХВ-Петербург – М., 2016. – 677 с.
3. Официальная документация языка программирования PHP [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.php.net/docs.php> (дата обращения 15.09.2023)

УДК 004.424.6

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕКТСА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

Никитенко К.А., Бондаренко В.И., канд. техн. наук, доц.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
kirnik0012@gmail.com

Введение. Выбор языка программирования является важной задачей при разработке программного обеспечения. От правильного выбора языка

программирования зависит эффективность, масштабируемость, безопасность и другие характеристики системы. В настоящее время существует большое количество языков программирования, каждый из которых имеет свои особенности и преимущества. Выбор языка программирования может быть затруднен, особенно для начинающих разработчиков. Рекомендательные системы выбора языка программирования могут помочь разработчикам в выборе наиболее подходящего языка для конкретного проекта.

Актуальность. Тема исследования является актуальной по следующим причинам:

- Развитие технологий. В последние годы наблюдается значительный прогресс в области технологий, связанных с разработкой программного обеспечения.

- Повышение эффективности разработки. Рекомендательные системы выбора языка программирования могут помочь разработчикам сэкономить время и усилия на поиске подходящего языка программирования.

- Повышение качества программного обеспечения. Выбор правильного языка программирования может иметь большое значение для качества итогового продукта.

Основная часть. Рекомендательные системы выбора языка программирования можно разделить на две основные категории:

- Системы, основанные на анализе текста технического задания;
- Системы, основанные на анализе данных о ранее выполненных проектах.

Рекомендательные системы выбора языка программирования основаны на анализе текста технического задания. Для анализа текста технического задания могут использоваться следующие методы: лексический анализ, семантический анализ и анализ зависимостей.

Лексический анализ – поиск ключевых слов и фраз, связанных с определенным языком программирования.

Семантический анализ – определение смысловых связей между элементами текста технического задания.

Анализ зависимостей – выявление взаимосвязей между требованиями к системе и особенностями языков программирования.

Автоматический анализ текста представляет собой операцию, которая из заданного текста на естественном языке извлекает грамматическую и семантическую информацию, содержащуюся в тексте [1].

Семантический анализ текста является одной из наиболее сложных проблем таких областей как искусственный интеллект и компьютерная лингвистика. Результаты семантического анализа текстов могут быть применены для решения диагностирования больных в психиатрии, предсказания результатов выборов в политологии. Однако, несмотря на свою востребованность, семантический анализ остаётся одной из сложнейших математических задач. Главная проблема заключается в том,

как «научить» компьютер однозначно верно трактовать образы, которые пытался передать автор текста [2].

Рекомендательные системы выбора языка программирования, основанные на анализе данных о ранее выполненных проектах, используют данные о ранее выполненных проектах для обучения модели, которая может выбирать язык программирования для новых проектов.

При выборе языка программирования необходимо учитывать перспективы развития языка программирования.

Вот некоторые дополнительные факторы, которые можно учитывать при выборе языка программирования:

- Сложность языка;
- Производительность языка;
- Безопасность языка;
- Мобильность языка;
- Расширяемость языка;
- Поддержка сообщества.

Рекомендательные системы, в основе которых лежат знания о предметной области (англ. knowledge-based), а не об отдельных объектах имеют достаточно высокую точность, предоставляя пользователю именно то, что ему нужно. Помимо этого, такие системы изучают и производят анализ взаимосвязей между различными объектами, а также учитывают дополнительную информацию, относящуюся к индивидуальным данным конкретного пользователя [3].

Точность измеряет, насколько часто рекомендательная система рекомендует релевантные объекты. Полнота измеряет, насколько хорошо рекомендательная система охватывает все релевантные объекты. F-мера является компромиссом между точностью и полнотой [4].

Заключение. Рекомендательные системы выбора языка программирования являются относительно новым направлением исследований. В последние годы наблюдается значительный прогресс в разработке таких систем.

В настоящее время существуют две основные модели рекомендательных систем выбора языка программирования:

- Модели, основанные на анализе текста технического задания;
- Модели, основанные на анализе данных о ранее выполненных проектах.

Каждая из этих моделей имеет свои преимущества и недостатки. Модели, основанные на анализе текста технического задания, просты в использовании и могут быть интегрированы с другими системами. Однако они могут не учитывать все аспекты требований к системе. Модели, основанные на анализе данных о ранее выполненных проектах, более точны, но требуют наличия данных о ранее выполненных проектах.

Рекомендательные системы выбора языка программирования имеют большой потенциал для развития. Они могут стать незаменимым инструментом для разработчиков программного обеспечения.

Список литературы

1. Александров, В. В. Цифровая технология инфокоммуникации. Передача, хранение и семантический анализ текста, звука, видео / В. В. Александров, С. В. Кулешов, О. В. Цветков ; В. В. Александров, С. В. Кулешов, О. В. Цветков ; Российская акад. наук, Санкт-Петербургский ин-т информатики и автоматизации. – Санкт-Петербург: Наука, 2017. – 243 с. – ISBN 978-5-02-025287-5. – EDN QMSCUB.
2. Мочалова А. В. Алгоритм семантического анализа текста, основанный на базовых семантических шаблонах с удалением / Молодой учёный № 5 (93) 2017
3. Jannach D., Zanker M., Felfernig A., Friedrch G. Recommender Systems – An Introduction. Cambridge University Press, 2010. – 360 P.
4. Андреева, Я. А. Сравнительный анализ рекомендательных систем и методов оценки их качества / Я. А. Андреева, К. А. Василевский // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2022. – Т. 7, № 4-1(26). – С. 59-66. – EDN LXHG UW.

УДК 004.89

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДАННЫХ НАЦИОНАЛЬНОГО КОРПУСА РУССКОГО ЯЗЫКА ДЛЯ СНЯТИЯ ПАДЕЖНОЙ ОМОНИМИИ СУЩЕСТВИТЕЛЬНЫХ ПРИ КОМПЬЮТЕРНОМ АНАЛИЗЕ ТЕКСТА

Ниценко А.В., канд. техн. наук, *Шелепов В.Ю.*, д-р физ.-мат. наук, проф.
ФГБНУ «Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк, РФ
nav_box@mail.ru

Введение. Одной из ключевых задач в области обработки естественного языка является автоматическое снятие неоднозначности слов в текстах. Она заключается в выборе того значения многозначного слова, в котором оно употреблено в конкретном контексте. Неоднозначность, свойственная естественному языку, является серьёзным препятствием для компьютерного анализа текстов, поэтому разрешение многозначности широко используется в таких областях, как машинный перевод, автоматическое извлечение информации из текстов, информационный поиск и т.д.

Целью работы является разработка алгоритма снятия омонимии именительного и винительного падежа для двух существительных в сочетаниях с переходными, а также переходными/непереходными глаголами.

Основная часть. Именительный падеж существительного определяет его как подлежащее предложения – субъект в высказывании.

Ситуация усложняется, если такое существительное является омонимом – кандидатом на именительный и винительный падеж. Как правило, выбор именительного падежа определяется в этом случае наличием согласованного глагола (сказуемого). Но возможна ситуация, когда существительных с такими свойствами два. Примеры: «*огород дает урожай*», «*ледокол прокладывает путь*». В данном случае необходимо использовать дополнительную информацию о том, какие существительные могут употребляться с конкретным глаголом в именительном падеже, а какие нет. Для этого будем использовать данные о совместном употреблении глаголов и существительных, полученные из Национального корпуса русского языка (НКРЯ). Основной подкорпус Национального корпуса русского языка содержит около 30.5 млн. предложений и 374.5 млн. словоупотреблений, что составляет 17.9 % общего объема корпуса. Из них со снятой омонимией около 519 тыс. предложений и 6.100.000 словоупотреблений (1.7 % объема основного подкорпуса) [1-3]. Из подкорпуса со снятой омонимией с помощью поиска было отобрано 270 тыс. предложений, содержащих два слова-омонима именительного и винительного падежа в сочетании с переходным глаголом (на основе разметки корпуса). Результат поисковой выдачи сохранялся в файл формата XLSX, из которого программным способом извлекались данные в текстовом формате. При этом отбирались только те предложения, где данные слова не разделяются знаком препинания и омонимы винительного падежа представлены без предлога. Из отобранных предложений извлекались тройки: существительное в именительном падеже + глагол + существительное в винительном падеже (порядок и соседство не важны) и приводились к начальной форме. На основании этих данных была сформирована текстовая база, которая содержит записи, определяющие, какое существительное в сочетании с указанным глаголом должно употребляться в именительном, а какое в винительном падеже. Она состоит из записей вида:

автобус ход !

замедлить

замедлять

набирать

Строка с восклицательным знаком содержит начальные формы существительных, первое из которых должно употребляться с перечисленными ниже глаголами в именительном падеже, а второе – в винительном. Необходимо отметить роль глагола в описанной базе. Ограничиться только парой существительных при решении вопроса, какое из них стоит в именительном падеже а какое в винительном падеже невозможно. При изменении глагола падежи могут меняться местами, например: *Грузовик(им.) миновал шлагбаум(вин.). Шлагбаум(им.) пропустил грузовик(вин.)*. Для программного снятия омонимии в

рассматриваемой ситуации были разработаны следующие правила: пусть на отрезке текста существует такая тройка слов A,B,C, что для них выполняются условия:

1) $A[0].pos == \text{«сущ»} \ \&\& \ A[0].case == \text{«им»} \ \&\& \ A[1].pos == \text{«сущ»} \ \& \ A[1].case == \text{«вин»}$

2) $B[0].pos == \text{«сущ»} \ \&\& \ B[0].case == \text{«им»} \ \&\& \ B[1].pos == \text{«сущ»} \ \& \ B[1].case == \text{«вин»}$

3) $C[0].pos == \text{«гл»} \ \&\& \ (C[0].verb_trans == \text{«перех»} \ || \ C[0].verb_trans == \text{«пер/не»})$

Здесь поле «pos» определяет часть речи, «case» – падеж, «verb_trans» – вид глагола (переходный или переходный/непереходный).

Тогда неоднозначность (A[0] | A[1]) и (B[0] | B[1]) снимается следующим образом:

если $\text{согл_сущ_гл}(A, C) == 1 \ \&\& \ \text{согл_сущ_гл}(B, C) == 0$, то (A[0] | A[1]) → A[0], (B[0] | B[1]) → B[1]

если $\text{согл_сущ_гл}(A, C) == 0 \ \&\& \ \text{согл_сущ_гл}(B, C) == 1$, то (A[0] | A[1]) → A[1], (B[0] | B[1]) → B[0]

В случае, когда в предложении оба существительных согласуются с глаголом, решение о выборе именительного и винительного падежа осуществляется на основании данных из вышеописанной базы, созданной на основании текстовых данных, полученных из подкорпуса НКРЯ[3] со снятой омонимией. Пусть на отрезке текста существует такая тройка слов A,B,C, что для них выполняются условия:

1) $A[0].pos == \text{«сущ»} \ \&\& \ A[0].case == \text{«им»} \ \&\& \ A[1].pos == \text{«сущ»} \ \& \ A[1].case == \text{«вин»}$

2) $B[0].pos == \text{«сущ»} \ \&\& \ B[0].case == \text{«им»} \ \&\& \ B[1].pos == \text{«сущ»} \ \& \ B[1].case == \text{«вин»}$

3) $C[0].pos == \text{«гл»} \ \&\& \ (C[0].verb_trans == \text{«перех»} \ || \ C[0].verb_trans == \text{«пер/не»})$

4) $\text{согл_сущ_гл}(A, C) == 1 \ \&\& \ \text{согл_сущ_гл}(B, C) == 1$

Тогда неоднозначность (A[0] | A[1]) и (B[0] | B[1]) снимается следующим образом:

если в базе существует тройка A B ! C, то (A[0] | A[1]) → A[0], (B[0] | B[1]) → B[1]

если в базе существует тройка B A ! C, то (A[0] | A[1]) → A[1], (B[0] | B[1]) → B[0]

Заключение. Разработанные правила были реализованы с использованием языка программирования C++ в экспериментальном программном модуле для снятия омонимии. Всего на данный момент из корпуса удалось получить данные для 110 тыс. вариантов таких сочетаний, куда входит около 4700 переходных глаголов и 12 тыс. существительных. При этом общее количество омонимов именительного и винительного падежей существительных в морфологическом словаре [4] составляет около 157 тыс., а количество переходных и переходных/непереходных глаголов около 17 тыс. Таким образом,

количество возможных вариантов сочетаний может во много раз превышать полученные данные. Правда, далеко не все они возможны семантически. Однако очевидна необходимость пополнение базы новыми данными за счет дополнительных источников.

Список литературы

1. Копотев, М.В. Национальный корпус русского языка / М.В. Копотев, Л.А. Янда // Вопросы языкознания . – 2006. – № 5. – С. 149–155.
2. Жевнерович, Е.Э. Корпус текстов в научном исследовании / Е.Э. Жевнерович //Материалы II Международной научно-практической конференции «Лингвистика, лингводидактика, лингвокультурология: актуальные вопросы и перспективы развития» (Минск, 1–2 марта 2018 г.). – 2018. – С.25-32.
3. Национальный корпус русского языка [Электронный ресурс]. – Режим доступа : URL: <http://www.ruscorgo.ru/> (дата обращения: 19.05.2023).
4. Хаген, М. А. Полная парадигма. Морфология [Электронный ресурс]. – Режим доступа : URL: <http://www.speakrus.ru/dict/#morph-paradigm> (дата обращения: 10.12.2021).

УДК 004.8, 004.93

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ YOLO В СОВРЕМЕННЫХ ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ НА ПРИМЕРЕ ВОЕННОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛЕЙ

Павленко Б.В., Бондаренко В.И., канд. техн. наук, доц.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
bogdanpavl2000@mail.ru, bondarenko@donnu.ru

Введение. Изучение искусственных нейронных сетей (ИНС) порождает надобность в изучении и совершенствовании архитектуры нейронных сетей. На основании метрик качества модели можно сделать вывод о ее предпочтительности для применения и преимуществе определенной архитектуры. Важно отметить специфику решаемых с помощью искусственного интеллекта (ИИ) задач и опираться на нее в поиске направлений улучшения моделей. Крупнейшими потребителями технологий распознавания образов в реальном времени являются военная и космическая отрасли. В контексте задач распознавания образов ясно, что в боевых и космических мероприятиях чрезвычайно важны точность и актуальность данных во времени, так как это связано с принятием решений. Достижения современных моделей, в свою очередь, открывают новые изобретательские возможности, и способы применения, которые предлагается выявлять также с помощью нестандартного подхода.

Краткий обзор спроса на интеллектуальные решения. Об актуальности выбранных в качестве примера сфер свидетельствуют

данные спроса на технологии ИИ в этих сегментах рынка, а также государственные расходы на соответствующие исследования и разработки. В 2018 году компания MarketsandMarkets провела анализ мирового рынка технологий ИИ, разрабатываемого в военных целях, который показал, что в 2017 году продажи соответствующих сервисов, ПО и оборудования в глобальном масштабе достигли \$6,26 млрд. По прогнозам к 2025 году показатель поднимется до \$18,82 млрд, а ежегодный рост рынка составит 14,75 % [1]. В 2020 году Минобороны РФ заказало разработку ИИ-системы на основе глубоких НС. Стоимость контракта составила 387,8 млн рублей. А в 2021 году было создано управление по развитию ИИ для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [2]. В 2021 году стало известно о разработке ИИ для полуавтономных космических роботов, которые могут работать в открытом космосе, как под управление космонавта, так и автономно. Была обозначена необходимость разработки архитектуры (ИНС) для обработки графических спутниковых данных [3].

Сравнительный обзор модели YOLO. Среди самых известных моделей на данный момент являются R-CNN, Fast R-CNN, Faster-R-CNN, YOLO, SSD. Модели, использующие алгоритм выборочного поиска, не рассматриваются по причине неудовлетворяющего для realtime-задач времени обучения и что более важно – скорости распознавания (FPS). YOLO достаточно «одного взгляда» для обработки благодаря более простой архитектуре, что с учетом новейших модернизаций и версий, делает ее на данный момент самой быстрой и достаточно точной моделью для задач реального времени. Сравнение моделей лучшей R-CNN модели и YOLOv5 на примере валидации, согласно исследованию [4] представлено в таблице:

Таблица

Результаты валидации YOLO и Faster R-CNN на втором наборе данных

Модель	Точность, %	Полнота, %	AP@.5, %	AP@.5:.95, %	FPS, к/с
YOLOv5	89,3	79,9	86,1	34,1	100
Faster R-CNN	89,2	81,4	87,7	40,9	6,1

Моделирование вариантов применения в контексте пользователей технологии. Отсутствие хороших моделей распознавания накладывало ограничения на изобретательские идеи. В качестве идей направлений модернизации YOLO и использования в целевых сферах смоделируем гипотетические ситуации. Что если сфокусироваться не на целом объекте, а на его центре, границе, конкретной стороне? При перпендикулярном взгляде на плоскость можно использовать маркеры для расчета расстояний между ними, углов поворота и направлений. Воспользовавшись проекциями и масштабами, можно просчитывать все необходимое в реальном времени даже при взгляде под углом. Что если показывать результирующее видео с маркерами распознавания другому экземпляру этой же сети, создав каскадный взгляд и заставив вторую

распознавать уже маркеры, которые после обнаружения объектов оставляет первая сеть? Что если использовать модель для наблюдения за статичными объектами с целью наблюдения изменения состояния? Например, слежение за открытостью/закрытостью дверей, шлюзов, люков, которые должны быть в определенном состоянии. В данном случае идет речь о распознавании смены состояния. Дополнительно системы распознавания в реальном времени необходимо обучать на потоковых данных с определенным типом цветовой палитры – монохромные камеры наблюдения, тепловизор, приборы ночного и инфракрасного видения, обработка радиолокационных изображений (РЛИ). Это может обнаружить слабости моделей в условиях необычного формата. При отсутствии возможности наблюдения астронавтами за состоянием внешних маркеров целостности модуля станции на помощь могут прийти системы realtime-слежения, информирующих о поломках. Очевидными целями системы распознавания являются метеориты и движение космического орбитального мусора.

Заключение. Для распознавания образов в этом сегменте задач одной из самых лучших является модель YOLO. Предлагаемый путь совершенствования заключается в применении особых системных методов мышления [5] в области решений сложных изобретательских задач, и фокусировании на нюансах, обусловленных спецификой этих задач. Результатом станет нахождение новых путей совершенствования моделей и моделирование примеров внедрения систем распознавания.

Список литературы

1. Искусственный интеллект в ВПК. [Электронный ресурс] / Tadviser : [Сайт]. – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Искусственный_интеллект_в_ВПК (Дата обращения: 04.09.2023). – Текст: Электронный.
2. Управление_Минобороны_РФ_по_развитию_искусственного_интеллекта [Электронный ресурс] / Tadviser : [Сайт]. – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Компания:Управление_минобороны_РФ_по_развитию_искусственного_интеллекта (Дата обращения: 04.09.2023). – Текст: Электронный.
3. Россия изучит возможность применения искусственного интеллекта для орбитальных группировок – ТАСС. [Электронный ресурс] / ТАСС : [Сайт]. – URL: <https://tass.ru/kosmos/11591931> (Дата обращения: 04.09.2023). – Текст: Электронный.
4. Тимошкин М.С. СРАВНЕНИЕ YOLOV5 И FASTERR-CNN ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ НА ИЗОБРАЖЕНИИ В ПОТОКОВОМ РЕЖИМЕ / М.С. Тимошкин, А.Н. Миронов, А.С. Леонтьев // Международный научно-исследовательский журнал.- 2022. – №6 (120). – URL: <https://research-journal.org/archive/6-120-2022-june/sravnenie-yolov5-i-fasterr-cnn-dlya-obnaruzheniya-lyudej-na-izobrazhenii-v-potokovom-rezhime> (Дата обращения: 06.09.2023). – Текст: Электронный.
5. Серьезное творческое мышление [Текст] / Эдвард де Боно ; [пер. с англ. Д. Я. Онацкой]. – Минск : Попурри, 2005. – 413 с.: ил. – ISBN 985-483-470-0 : Б. ц.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОЗЫ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ СПЛОШНОЙ ЗАЩИТЫ В ФОРМЕ КУБА

*Панюшкин А.Н.¹, Панюшкин Н.Н.², д-р. техн. наук, Хворых А.М.²,
Полумиско А.А.², Бирюкова И.П.³, канд. пед. наук*

¹ОАО «Научное конструкторско-технологическое бюро «ФЕРРИТ», г. Воронеж, РФ

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

³ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, РФ

npan@yandex.ru

Введение. Гамма-излучение характеризуется высокой проникающей способностью по сравнению с другими видами ионизирующих излучений (ИИ), такими, как, например, электроны и протоны. Поэтому разработка модели дозовой нагрузки от гамма-излучения при использовании различного вида радиационных защит с целью определения геометрических и физических параметров защит, обеспечивающих заданную дозовую нагрузку, имеет большой практический интерес.

На практике одним из способов обеспечения заданных значений показателей радиационной стойкости (ПРС) радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) является использование пассивных защит [1]. Дозовая нагрузка на защищаемые электрорадиозделия (ЭРИ) РЭА зависит от толщины барьера защиты и её геометрических размеров и формы [2]. Целью настоящего исследования является разработка модели сплошной защиты кубической формы от гамма-излучения с целью определения её параметров, необходимых для обеспечения заданных ПРС ЭРИ, расположенных внутри защиты.

Основная часть. Проведённые численные эксперименты показали, что в приближении сплошной сферы величина локальной дозовой нагрузки (ЛДН) в геометрическом центре хорошо аппроксимируется экспоненциальной функцией

$$D_{\gamma} = a_{\gamma} \cdot e^{b_{\gamma} \cdot \delta} + c_{\gamma}$$

где a_{γ} [рад], b_{γ} [см·г⁻¹], c_{γ} [рад] – размерные константы аппроксимации; δ [г·см⁻²] – массовая толщина барьера защиты.

Для рассмотренного примера – защиты бортовой РЭА космического аппарата (КА) от гамма-излучения его ядерной энергетической установки получены параметры аппроксимации на основе требований технического задания (в приближении сплошной сферы): $a_{\gamma}=2,058 \cdot 10^4$ рад; $b_{\gamma}=-0,058$ см·г⁻¹; $c_{\gamma}=-520,295$ рад.

Каждая из шести граней сплошной защиты в форме куба является совокупностью четырёх одинаковых плоских ограниченных защит

(лежащих в плоскости грани). ЛДН одной плоской ограниченной защиты можно определить по методике [2]. ЛДН грани куба равняется учетверенной ЛДН одной плоской ограниченной защиты. Полная ЛДН сплошной защиты делится на число, равное количеству граней (6). Получено выражение для определения минимально допустимой массовой толщины барьера сплошной защиты в форме куба при заданном значении ЛДН имеет вид

$$\delta = \frac{1}{b_{\gamma}k} \ln \left(\frac{\frac{\pi D}{6(1 - \cos \alpha) \cos \beta} - c_{\gamma}}{a_{\gamma}} \right),$$

где D [рад] – требуемая локальная дозовая нагрузка; k – коэффициент, учитывающий отличие модели сплошной сферы от модели плоской ограниченной защиты; a и b – размеры защиты в направлении осей ox и oy соответственно; l_0 – наименьшее расстояние от барьера защиты до точки, в которой определяется дозовая нагрузка; α и β – плоские углы телесного угла плоской ограниченной защиты в направлении осей ox и oy соответственно. Для k , α и β использованы выражения в виде:

$$\alpha = \arctg \frac{a}{l_0}; \quad \beta = \arctg \frac{b}{l_0}; \quad k = \frac{l_0^2}{a \cdot b} \int_0^{\alpha} \int_0^{\beta} \frac{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}}{\cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \beta} d\alpha d\beta.$$

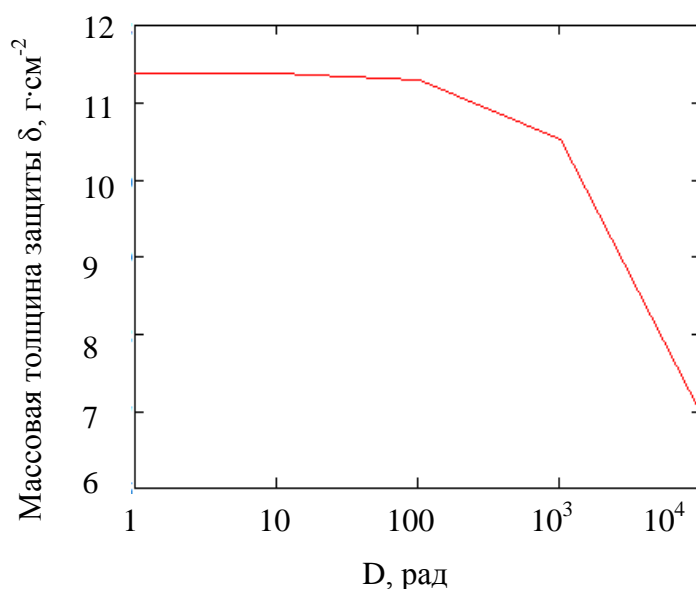


Рис. Зависимость требуемой массовой толщины барьера сплошной защиты в форме куба от локальной дозовой нагрузки

На рисунке показана зависимость требуемой массовой толщины защиты барьера от величины заданной дозовой нагрузки. Величина

$\alpha=\beta=\pi/4$ соответствует кубической форме сплошной защиты. Из рисунка видно, что для $D=10^3$ рад стенка защиты должна иметь массовую толщину не менее $\delta=11,5$ г·см⁻². Если материалом будет служить Al ($\rho_{Al}=2,7$ г·см⁻²), то толщина барьера (стенки куба) должна быть не менее 4,5 см. Если использовать сталь с плотностью $\rho_{Fe}=7,8$ г·см⁻², то толщину стенки можно будет снизить до 1,5 см. Приведённые значения δ можно обеспечить при грамотном конструировании РЭА: использовании корпуса КА и (или) дополнительной защиты от ИИ [3]. Другим вариантом может быть использование радиационно-стойких ЭРИ.

Заключение: получена математическая модель для расчета массовой толщины барьера сплошной защиты в форме куба, позволяющей разрабатывать конструкцию КА с учетом требований по показателям радиационной стойкости.

Предварительные расчеты показали, что для существующих ЭРИ с предельным значением ЛДН $D=10^3$ рад требуемые значения массовой толщины защиты $\delta=11,5$ г·см⁻² (соответствует толщинам барьера $\delta_{Al}=4,5$ см и $\delta_{Fe}=1,5$ см) практически реализуемы.

Список литературы

1. Комбаев Т.Ш. Оценка требований по дозовому эффекту используемых в бортовой аппаратуре электроррадиоизделий при полете космического аппарата к Сатурну / Т.Ш. Комбаев, М.Е. Артемов, Н.М. Хамидуллина // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. – 2022. – №2. – С. 34-36. ISSN 1997-2830
2. Панюшкин А.Н. Влияние геометрических параметров защиты в форме прямоугольного параллелепипеда на локальную дозовую нагрузку/А.Н. Панюшкин, Н.Н. Панюшкин, И.П. Бирюкова, В.К. Зольников // в книге: Физика. СПб. 2022. С. 503-504. URL: <https://expose.gpntbsib.ru/expose/elektronnye-materialy-nauchnyh-meropriyatiy-ran-may-2023-goda-2ccc3ef4/book/29-634371048>
3. Панюшкин А.Н. Эффективность применения дополнительной радиационной защиты на низкой околоземной орбите/ А.Н. Панюшкин, Н.Н. Панюшкин // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: матер. VII Междунар. научн. конф. (Донецк, 27–28 октября 2022 г.). Т. 2: Физические и технические науки.- Донецк: ДонНУ, 2022 – С. 197-199. URL: http://science.donnu.ru/wp-content/uploads/2022/10/dch_2022-tom-2-fizicheskie-i-technicheskie-nauki.pdf (дата обращения 26.10.2022 г.)

ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАБОТКИ ОНТОЛОГИЙ С ПОМОЩЬЮ БИБЛИОТЕКИ DOTNETRDF

Полоус А.Г.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
andrew.polous@mail.ru

Введение. В современном мире информационное пространство постоянно расширяется и становится сложнее. Это пространство структурируют с помощью семантического метаописания сущностей – метаданных. С их помощью можно описать свойства и характеристики объектов, на основе чего построены SemanticWeb и LinkedData [1]. К настоящему времени эта технология развилась вплоть до обеспечения возможности формализации целых предметных областей. Инструментом для такого представления знаний являются онтологии. Они позволяют организовать знания в семантическую сеть, отражать отношения между понятиями и структурировать информацию. Онтологии применяют в базах знаний, экспертных системах, системах искусственного интеллекта, в том числе для решения задач анализа больших данных, автоматической классификации и рекомендации контента.

Основные формализмы онтологий: RDF/RDFS и OWL. Записывают и хранят OWL-онтологии в форматах: RDF/XML Syntax, OWL/XML Syntax, Manchester OWL Syntax, Turtle Syntax, NTriples, Turtle, Notation 3, RDF/XML, RDF/JSON (Talis Specification), RDFa 1.0 (Limited RDFa 1.1 support), TriG (Turtle with Named Graphs), TriX (Named Graphs in XML), NQuads (NTriples plus Context), JSON-LD (1.0 and 1.1) и др. Данные в RDF-формате хранят в файлах указанных форматов, так и в специализированных RDF-хранилищах, например: Stardog, Neo4J, ApacheJena, MarkLogic и др. Существует множество инструментов онтологического инжиниринга, наиболее известными из которых являются: Ontolingua, Protégé, OntoEdit, OilEd, WebOnto, ODE, DOE, KAON2 [2].

В скором времени использование онтологий прикладными программами станет таким же привычным, как подключение к СУБД в наше время. Это указывает на актуальность исследования возможностей обработки онтологий с помощью библиотек общепринятых программных платформ, в частности библиотеки dotNetRDF на платформе .NET.

Цель. Цель работы – исследовать возможности библиотеки dotNetRDF для среды .NET при работе с онтологиями для дальнейшей разработки приложений на языке C#.

Основная часть. Библиотека dotNetRDF — это мощный и гибкий API для работы с RDF и SPARQL в средах .NET.

RDF (Resource Description Framework) – это модель для описания ресурсов в семантическом вебе. Он является основой для обмена данными и представления знаний в машинно-читаемой форме.

RDF использует графовую модель данных, где ресурсы представляются с помощью уникальных идентификаторов (URI) и связываются друг с другом с помощью троек, состоящих из субъекта, предиката и объекта.

Конкретно, каждая тройка RDF состоит из субъекта (ресурса), предиката (связи) и объекта (значения или другого ресурса). Это предоставляет гибкую структуру для описания отношений и атрибутов между различными ресурсами.

Для автоматической обработки разделяемых знаний консорциумом W3C разработаны единые стандарты их представления: RDF (Resource Description Framework) и основанный на нем язык веб-онтологий OWL (Ontology Web Language). Под ресурсом понимается любая сущность, которой сопоставлен универсальный идентификатор URI (Universal Resource Identifier). Основной конструкцией языка RDF является утверждение, задаваемое тройкой <субъект> <предикат> <объект> (RDF-триплет), например: <стол> <цвет> <черный>. Использование URI для задания субъектов и свойств позволяет связывать отдельные утверждения (RDF-триплеты) в сколь угодно сложные семантические сети, имеющие единую интерпретацию в открытой сетевой среде.

Простейшая форма хранения онтологий – OWL-файл. При чтении такого файла в оперативной памяти создается модель (набор утверждений), с которой выполняется дальнейшая работа. Однако данный подход имеет недостатки: существенный рост затрат оперативной памяти при работе с большими онтологиями (более 106 триплетов) вследствие полной загрузки OWL-файла, а также значительное увеличение времени загрузки OWL-файлов по мере роста количества используемых онтологий. Это не позволяет использовать данный подход при создании крупных ИС и обуславливает необходимость построения RDF-хранилищ на основе реляционных СУБД.

В библиотеке dotNetRDF реализован пакет VDS.RDF.Parsing. Он предоставляет возможность для чтения файлов RDF во всех следующих сериализациях RDF: NTriples, Turtle, Notation 3, RDF/XML, RDF/JSON, RDFa 1.0, TriG, TriX, NQuads, JSON-LD и RDFS, которые описаны на языке OWL. Эти форматы наиболее широко распространены, поэтому покрывают большинство информации, описанной с помощью данной модели.

Для обработки RDF-данных используют язык запросов SPARQL. Он позволяет извлекать и менять данные, представленные в формате RDF. SPARQL позволяет задавать структурированные запросы к RDF-графам и получать информацию в виде таблицы результатов, также есть

возможность рассуждать на основе предоставленной онтологии и автоматически выводить новые знания.

С помощью SPARQL можно выполнять операции: 1) извлечение данных (задавать шаблоны извлечения информации, фильтры, условия сортировки и ограничения на количество возвращаемых результатов); 2) фильтрация данных с использованием различных условий; 3) соединение данных из разных источников RDF (нескольких графов данных); 4) агрегирование данных (подсчет суммы, среднего значения, минимума или максимума); 5) итеративные запросы (циклы и рекурсивные запросы).

Для сохранения данных библиотека dotNetRDF содержит пакет VDS.RDF.Writing, который позволяет записывать графы в форматах: NTriples, Turtle, Notation 3, RDF/XML, RDF/JSON, XHTML + RDFa, CSV, TSV, а также NQuads, TriX, TriG, JSON-LD [3].

Заключение. Библиотека dotNetRDF является хорошим инструментом для обработки онтологий по следующим причинам: 1) поддержка различных форматов данных; 2) поддержка различных видов онтологий; 3) различные операции с онтологиями; 4) рассуждение и вывод новых знаний: библиотека обеспечивает возможность рассуждать на основе предоставленной онтологии и автоматически выводить новые знания.

Потенциальными преимуществами использования этой библиотеки является широкая поддержка платформы .NET и широкий функционал.

Ограничения, которые накладывает библиотека dotNetRDF для применения в практических приложениях, – крупный размер библиотеки и зависимость от платформы .NET.

В целом, библиотека dotNetRDF является перспективным инструментом для обработки онтологий и семантических данных на платформе .NET. Ее применимость зависит от конкретных потребностей проекта и уровня знаний разработчика.

Список литературы

1. Онтологическое моделирование предприятий: методы и технологии [Текст]: монография / [С. В. Горшков, С. С. Кралин и др.; отв. ред. С. В. Горшков]. – Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2019. – 234 с. – ISBN 978-5-7996-2580-1.
2. Гаркуша Д.А. Онтологические платформы. [Текст] // Международный рецензируемый научно-теоретический журнал «Проблемы искусственного интеллекта». – 2023. – № 2(29).
3. dotNetRDF Documentation | DotNetRDF Documentation: [Электронный ресурс]. URL: <https://dotnetrdf.org/docs/latest/index.html> (дата обращения: 04.10.2023).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ОБРАЗОВАНИИ

Приходченко Е.И., д-р пед. наук, проф., *Рудак Л.В.*

ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, РФ
donntu.info@mail.ru

Введение. Машинное обучение (МО) представляет собой широкий подраздел искусственного интеллекта, изучающий алгоритмы, способные самостоятельно обучаться на основе предыдущего опыта. За счёт накопления больших объёмов данных в сферах науки, бизнеса, здравоохранения и образования возможности применения технологий машинного обучения постоянно расширяются. Внедрение в сферу образования новых информационных технологий позволяет качественно изменить содержание, методы и организационные формы обучения, создать дополнительные возможности, а именно:

- доступ к большому объёму учебной информации;
- образная наглядная форма представления изучаемого материала;
- поддержка активных методов обучения;
- позволяет тиражировать отдельные составные части информационной технологии;
- поддержка информационной технологии соответствующим научно-методическим материалом [1].

С каждым годом МО демонстрирует свой потенциал для революции в образовательных методиках, персонализации обучения и улучшения оценки успеваемости учащихся. Этот технологический прогресс представляет собой мощный инструмент в руках образовательных учреждений, исследователей и педагогов.

Персонализированные учебные планы. Одной из главных выгод использования МО в образовании является возможность создания персонализированных образовательных программ. Алгоритмы МО могут анализировать данные об учениках, такие как их предпочтения, уровень знаний и стиль обучения, и предоставлять индивидуальные рекомендации и задания [2]. Это позволяет каждому ученику развиваться в собственном темпе и сосредотачиваться на наиболее важных для него навыках и знаниях. Преимущества персонализированных учебных планов:

- студенты становятся более мотивированными, когда учебный материал соответствует их интересам и уровню знаний;
- персонализированные учебные планы могут способствовать более глубокому пониманию материала и повышению успеваемости;
- эффективное использование времени: студенты тратят время на изучение того материала, который им наиболее необходим, что позволяет эффективнее использовать ресурсы образовательного учреждения.

Автоматизированная оценка и обратная связь. Машинное обучение также революционизирует способы оценки студенческих работ. Системы, основанные на искусственном интеллекте, способны анализировать эссе, тесты и задания, определять ошибки и предоставлять детальную обратную связь. Это не только снижает нагрузку на преподавателей, но и позволяет студентам быстрее учиться на своих ошибках, повышая качество обучения.

Анализ успеваемости и прогнозирование. МО также может быть использовано для анализа успеваемости учеников и прогнозирования их будущих результатов. Алгоритмы МО могут выявлять образовательные тенденции и предупреждать о возможных трудностях в учебе [3].
Применение результатов анализа успеваемости:

- на основе результатов анализа успеваемости можно создавать персонализированные учебные планы для студентов;
- модель может использоваться для раннего выявления студентов, которые могут столкнуться с трудностями в учебе;
- анализ успеваемости также может быть использован для оптимизации учебных процессов, учебные программы могут быть адаптированы на основе результатов анализа, чтобы лучше соответствовать потребностям студентов.

Развитие сферы онлайн-образования. В последние четыре года все большую популярность набирает онлайн образование, но несмотря на то, что онлайн обучение становится все более востребованным, оно не сможет полностью заменить такие традиционные формы образования, как школы, колледжи, высшие учебные заведения. Многим учащимся необходимы личные советы и наставления преподавателей, возможность живой дискуссии по интересующему их вопросу [4].

Машинное обучение также играет ключевую роль в развитии онлайн-образования. Платформы для дистанционного обучения используют алгоритмы машинного обучения для рекомендации курсов, адаптированных к потребностям студентов, и создания интерактивных учебных материалов. Это позволяет учиться из любой точки мира, делая образование более доступным. Применение машинного обучения в онлайн-образовании:

- разработка адаптивных учебных платформ, способных анализировать данные о поведении и успехах учащихся, позволяет создавать персонализированные учебные планы, учитывая особенности каждого студента;
- использование программ-учителей на основе машинного обучения, которые могут предоставить студентам непосредственную обратную связь и персональные рекомендации для улучшения результатов;
- машинное обучение помогает анализировать спрос на конкретные учебные материалы, что способствует оптимизации предложения учебных ресурсов и улучшению доступности образования.

Заключение. Несмотря на все свои преимущества, использование машинного обучения в образовании также встречает трудности, они включают в себя вопросы о конфиденциальности данных студентов, доступности технологий для всех и этических аспектах использования искусственного интеллекта в образовании. Однако с правильным подходом и соблюдением нормативов, эти проблемы могут быть решены.

Список литературы

1. Шихваргер, Ю.Г. Применение компьютерных технологий в образовательном процессе / Ю.Г. Шихваргер. – Сибирский педагогический журнал. – 2013.
2. Машина-учитель: как AI-технологии дадут новый импульс онлайн-образованию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mti.edu.ru/blog/2017-05/512729-ai>.
3. Kotsiantis S.B. Use of machine learning techniques for educational proposes: A decision support system for forecasting students' grades // Artif. Intell. Rev. – 2012. – Т. 37. № 4. – С. 331–344.
4. Использование технологий машинного обучения в образовательных практиках [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hse.ru/edu/vkr/206742720>.

УДК 004.891

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОИСКА ИГРОВЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ДАННЫХ

Рыжков А.О., Нестругина Е.С., канд. техн. наук, доц.,
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
avatoxa@yandex.ru

Введение. В современном мире все большее распространение находят цифровые технологии, и в этом процессе мобильные приложения занимают очень важное место. Игровые приложения являются одними из самых популярных категорий мобильных приложений и число их пользователей растет с каждым днем. Однако, с таким количеством приложений выбор нужного может быть довольно сложным для пользователей.

В связи с этим появляется необходимость в инструменте, который поможет пользователям быстрее и легче находить подходящие игровые приложения. Рекомендательные системы стали широко использоваться для решения этой проблемы, позволяя пользователю получать персонализированные рекомендации на основе их предыдущих действий и интересов [1].

Цель работы – разработать и исследовать рекомендательную систему для поиска игровых приложений на основе интеллектуального анализа пользовательских данных с целью предоставления пользователям

персонализированных рекомендаций, упрощения выбора игровых приложений и улучшения качества рекомендаций.

Данная система предназначена для упрощения и оптимизации процесса поиска игровых приложений среди огромного разнообразия доступных в магазинах приложений. Основная цель системы – предоставление пользователям персонализированных рекомендаций на основе их предпочтений и истории использования игр.

Основная часть. Актуальность разработки рекомендательной системы поиска игровых приложений на основе интеллектуального анализа пользовательских данных обоснована необходимостью повышения уровня персонализации рекомендаций. Для этого необходимо использовать методы машинного обучения и анализа данных, которые позволяют собирать информацию о предпочтениях конкретного пользователя и на основе этой информации формировать персонализированные рекомендации.

Создание рекомендательной системы влечет за собой исследования и познания в таких предметных областях, как хранение и обработка информации, протоколы обработки данных, программирование на языке Python. Так же используются библиотеки, такие как [2, 3]:

1. Библиотеки машинного обучения, предоставляющие готовые реализации алгоритмов и инструменты для обработки данных. Для написания рекомендательной системы используется библиотека машинного обучения `scikit-learn` (для классических методов).

2. `Surprise` – библиотека Python, специализирующаяся на рекомендательных системах и коллаборативной фильтрации. Она предоставляет удобный интерфейс для создания и оценки рекомендательных моделей.

3. `Pandas` – эта библиотека предоставляет удобные инструменты для работы с данными, включая чтение, обработку и анализ данных. Она может быть полезной для предварительной обработки данных перед обучением модели.

Объектом исследования является рекомендательная система поиска игровых приложений на основе интеллектуального анализа пользовательских данных

Основными задачами исследования являются:

1. Изучить методы анализа пользовательских данных и разработать модель, позволяющую анализировать данные пользователей для получения персонализированных рекомендаций игровых приложений.

2. Разработать алгоритм, который будет использовать полученные данные для формирования рекомендаций на основе сходства пользователей и их предпочтений в играх.

3. Проверить эффективность разработанной системы путем ее сравнения с другими существующими рекомендательными системами на наборе тестовых данных.

Рекомендательная система, разработанная для сферы развлечений, использует разнообразные данные для формирования персонализированных рекомендаций. Важно учитывать, что конкретные данные могут различаться в зависимости от типа развлекательной платформы или приложения, но в общем случае система может использовать следующие типы данных:

1. История действий пользователя – информация об игровых приложениях, которые пользователь использовал ранее.

2. Профиль пользователя – данные, такие как возраст, пол пользователя, могут быть использованы для создания более точного представления о пользователе.

3. Оценки и обратная связь – информация об оценках или комментариях контента пользователем может быть полезной для понимания его предпочтений и вкусов.

4. Информация о контенте – данные об игровом контенте, такие как категории, жанры, характеристики и метаданные (например, описание, длительность, год выпуска), позволяют системе понимать характеристики контента [4, 5].

Были проработаны следующие задачи для разработки рекомендательной системы:

1. Определен метод сбора данных о пользователях и их взаимодействии.

2. Преобразованы и структурированы собранные данные. Обработаны отсутствующие значения, устранены выбросы.

3. Выбрана подходящая модель рекомендательной системы, обучение ее на подготовленных данных.

4. Оценено качество модели с помощью метрик, таких как точность, для использованных тестовых данных.

5. Реализована интеграция рекомендательной системы в пользовательскую тестовую среду.

6. Проведено тестирование системы.

Заключение. Результатом данной работы является рекомендательная система, которая учитывает пользовательские предпочтения и дает рекомендации на основе интеллектуального анализа данных, что позволяет пользователям быстрее и удобнее находить интересующие их игровые приложения, а также повысить лояльность пользователей к платформе. Эта работа включает в себя использование новых алгоритмов машинного обучения, а также разработку новых методов анализа данных.

Таким образом, разработка рекомендательной системы поиска игровых приложений на основе интеллектуального анализа пользовательских данных является актуальным и перспективным направлением развития в области компьютерных игр и развлечений в целом.

Список литературы

1. Николенко С. Рекомендательные системы // СПб: Изд-во Центр Речевых Технологий. – 2012. – 53 с.
2. Королева Д. Е., Филиппов М. В. Анализ алгоритмов обучения коллаборативных рекомендательных систем //Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – №. 6 (18). – С. 23.
3. Павлов П. С. Методы оценки качества рекомендательных систем //Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2018. – №. 6-1.
4. Parapar J., Radlinski F. Towards Unified Metrics for Accuracy and Diversity for Recommender Systems //Fifteenth ACM Conference on Recommender Systems. – 2021. – С. 75-84.
5. Anelli V. W. et al. V-elliot: Design, evaluate and tune visual recommender systems //Fifteenth ACM Conference on Recommender Systems. – 2021. – С. 768-771.

УДК 159.043.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕЗМЕДИКАМЕНТОЗНЫХ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-ДУХОВНОЙ ТЕРАПИИ И ПРАГМАТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ САМОРЕГУЛЯЦИИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ЛИЧНОСТИ

*Сальников И.С., канд. техн. наук, Изосимова С.А.,
Пигуз В.Н., Ивашко К.С.*

ФГНБУ «Институт проблем искусственного интеллекта», г. Донецк, РФ
izosimova.snezhana@mail.ru; maxpvn77@gmail.com

Введение. Количество людей, нуждающихся в своевременной психологической помощи, значительно возросло, особенно в последнее время. Использование словесных текстов для саморегуляции психоэмоциональных состояний личности, способствующее кроме своей прямой терапевтической функции, также духовному росту личности, является прерогативой не только психологии, филологии, библиотерапии, но и психолингвистики, текстомайнинга и дейтамайнинга.

За последние десятилетия резко возросло значение и уровень компьютерных технологий. Поэтому ни одна область человеческой деятельности не обходится без их применения. Качественный состав передаваемой информации также претерпел изменения. Складывается все больше ситуаций, когда человек лично и непосредственно контактирует с компьютером, что в свою очередь приводит к дополнительным требованиям к системам приема, передачи и обработки информации. Из

вышесказанного следует вывод о том, что исследования, результатом которых будет разработка программного обеспечения для распознавания психоэмоционального состояния речевой деятельности пользователя, являются залогом не только более полного использования информации, но и внесут существенный вклад в развитие интерфейса «человек-компьютер», а значит, искусственного интеллекта в целом.

Основная часть. В широком значении термин эмоциональный искусственный интеллект означает совокупность навыков и способностей. То есть это обучаемая область. Каждый человек обладает эмоциональным интеллектом, но разной степени развития. Кроме того, робот может распознавать, но не испытывать эмоции, в результате чего он априори не обладает предвзятым мнением и не ответит агрессией на агрессию. А также не поддается на провокации. Современные технологии искусственного интеллекта обладают комплексным характером, объединяя разработки сразу нескольких научных дисциплин: социологию и лингвистику, психологию и нейробиологию, т.е. компьютерные и когнитивные науки.

Фонетико-морфологический уровень. На вход подается обучающая выборка фонетико-морфологического уровня, содержащая произвольное множество текстов. На выходе в принципе получается та же выборка, но в виде определенной структурированной последовательности транзем с купюрами на месте фонем, подлежащих фильтрации. Из полученной последовательности транзем в многомерном пространстве морфологического уровня формируются словари корневых морфем, префиксов, аффиксов, флективных морфем, т.е. окончаний, соответствующих различным грамматическим формам слов. Также здесь формируется словарь предлогов. Нюанс – на данном уровне и при данном подходе к анализу морфем эмоциональный уровень речевой деятельности не рассматривается.

Лексический уровень. На вход фонетико-морфологического уровня подается обучающая выборка лексического уровня, содержащая множество реализаций слов оперативного словаря, т.е. словаря наиболее часто встречающихся слов. После фильтрации ранее сформированным фонетико-морфологическим словарем, на выходе получаем множество реализаций слов, представленных в виде последовательности транзем с пробелами. Необходимо учитывать тот факт, что поскольку при формировании словаря слов принимают участие разные словоформы каждого слова, то представление слов в словаре лексического уровня приобретает вид графа: ядро группы словоформ – основа слова; разнообразные сочетания флективных морфем в словообразующих формах, т.н. «бахрома».

Сентимент-анализ. Один из подразделов эмоционального искусственного интеллекта (далее ИИ), а также новое направление исследований вычислительной лингвистики. основополагающая цель данного направления исследований – определение эмоциональной смысловой окраски у прозвучавшего высказывания. Какая она:

нейтральная, позитивная или негативная. Объектом исследования выступает сентимент (в переводе с англ. тональность) – первичная эмоциональная оценка сообщаемого, т.е. любое настроение, либо когнитивно-аффективное состояние, выраженное словами и предложениями. Тональность (сентимент) определяется тремя факторами: тот, кто выражает оценку – субъект; то явление, предмет или человек, о чем или о ком выражена оценка – объект; качественная характеристика процесса оценивания, т.е. как оценили (в большинстве случаев, позитивно, негативно или нейтрально). При этом надо помнить, что в одном предложении могут содержаться прямо противоположные оценки – как позитивная, так и негативная.

Вывод. Таким образом, приходим к следующим выводам: к компьютерным методам анализа речевой и текстовой информации относится сентимент-анализ – новое направление вычислительной компьютерной лингвистики, находящееся на границе поиска информации и вычислительной лингвистики, исследующей эмоциональную тональность поступающей текстовой или речевой информации. В его основе – технологии лингвистической интерпретации эмоций, т.е. из поступающей информации извлекается посредством компьютерных технологий эмоциональный смысл. Таким образом, сентимент-анализ – один из разделов текстомайнинга. Данная технология обладает широким спектром использования: как для автоматической оценки стран, персоналий, продукции и т.п., так и для определения и оценки психоэмоционального состояния отдельной личности или коллектива по высказываниям и текстам. Любая травма психоэмоционального плана, даже полученная в детстве, так и иначе проявляется в когнитивной сфере деятельности человека, в частности, в речевой деятельности. К счастью, человек способен залечить большинство полученных психоэмоциональных травм. Причем это можно сделать в любой жизненный период. Главное, постоянный поиск нужной информации и совершенствование психоэмоциональных инструментов воздействия на личность

Список литературы

1. Сальников И. С. Методические и алгоритмические особенности комплекса средств психофизиологической диагностики психоэмоциональных состояний человека [Текст] / И. С. Сальников, Р. И. Сальников // Международный научно-теоретический рецензируемый журнал «Проблемы искусственного интеллекта». – 2019. – № 4 (15). – С. 47–57.
2. Психофизиология эмоционально-потребностной сферы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vashpsixolog.ru/lectures-on-the-psychology/186-psixofiziologiya/2106-psixofiziologiya-emoczionalno-potrebnostnoj-sfery?showall=1> (дата посещения: 13.07.2023 г.)
3. Rosenfield E., Massaro D., Bernstein J. Automatic Analysis of Vocal of Apparent Mood or Affect [Электронный ресурс] // USA Department of Psychology, [University of California at Santa Cruz], 2003. – Режим доступа : <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=581501> (дата обращения: 15.02.2023).

АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ОТЛИВКИ ПОСРЕДСТВОМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Сушко Т.И., канд тех. наук, доц., *Кожемякин А.С.*, *Ильинский С.В.*
ВУНЦ ВВС ВВА «Военно-воздушная академия имени им. Н.Е. Жуковского
и Ю.А Гагарина», г. Воронеж, РФ
tane2020102010@mail.ru

Введение. Одним из направлений в современном машиностроении остается автоматизация проектных работ различного характера на основе специализированных систем компьютерного моделирования литейных процессов. Многообразие задач решаемых при этом сводится к разработке технической, организационной и экономической документации производственного цикла, который направлен на разработку наиболее экономичных вариантов систем питания отливок, за счет конструирования литниковых систем и подборки оптимальных технологических параметров литья. Обеспечение плотной литейной структуры с высокой герметичностью является одной из трудновыполнимых задач в литье по выплавляемым моделям (ЛВМ), для ее решения необходима отработка с оптимизацией питающей системы отливки. Необходимо учитывать тот факт, что отливки сложной конфигурации имеют разнотолщинные элементы, находящиеся в процессе затвердевания в неравномерных условиях и в массивных узлах металл затвердевает в последнюю очередь, следствием этого будут усадочные дефекты и газовая пористость. Процесс затвердевания развивается последовательно и регулируется конструкцией питания, если дефекты переходят в прибыльную отрезную часть. Вся проблема сводится к оптимизации объёма и размерной конфигурации прибыли, для этого часто используют эмпирические формулы, которые носят вероятностный характер и заложенный расчет приводит к чрезмерному расходу жидкого сплава, а это не экономично и ресурсо- и энергозатратно для предприятия.

Цель. Анализ эффективности системы питания отливки посредством компьютерного моделирования процессов затвердевания в программе LVM Flow. Трёхмерное проектирование позволяет при минимальных затратах получать качественные модели и чертежи проектируемого трёхмерного объекта, в данной работе применяем русифицированную систему автоматизированного проектирования SolidWorks.

Основная часть. В качестве объекта выбрана массивная отливка «Корпус » из стали 30ХМЛ необходимый для работы в нефтегазовом секторе страны, проведен анализ работы прибыли с элементами литниковой системы по заводскому экспериментальному варианту. На рисунке 1 показан чертеж отливки с массивными узлами (а) и заводской

системой питания (б) масса отливки с системой питания порядка 290 кг, выход годного почти 29 %, его можно определить как показатель неэффективности работы прибыли, хотя он входит в допустимый нижний предел при данном способе литья. Заводской вариант представляет типовую систему прибылей с соединительными каналами с непосредственным подводом металла в прибыль при горизонтальном расположении отливки. Такая питающая система рекомендуется как в литературе, так и часто используется для корпусных отливок.

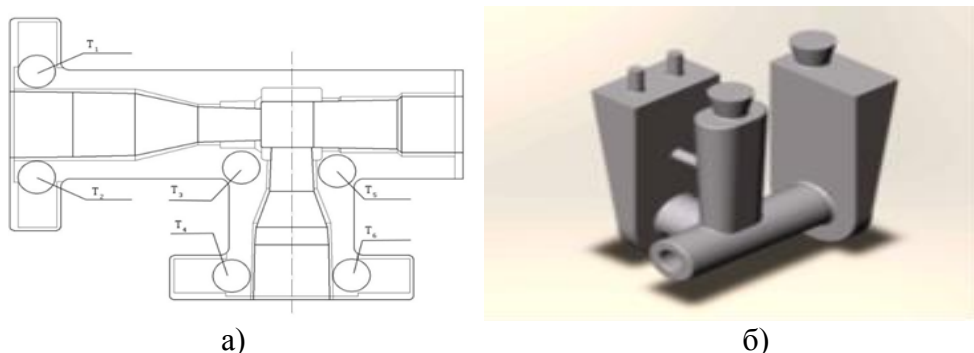


Рис. 1. Отливка с массивными узлами (а) и трехмерная модель заводской системой питания (б)

Для выявления мест, подверженным дефектам усадочного характера, в модуле «Полная задача» выполнено моделирование с учетом заполнения формы расплавом. Оболочковая форма строилась в модуле 3D Импорт, виртуальными термодатчиками в отливке и в форме определялись согласно разностной сетке литниковые точки (места питания металлом). Заливка проводилась при 1600 °С в оболочковую форму, состоящую из тринадцати слоев покрытия, нагретую до 700 °С, минимальная толщина слоя составила порядка 25мм, формовка с наполнителем, время заливки по нашим ожиданиям оказалось около 40с. Компьютерный расчет не дал желательных результатов, указал на наличие дефектов в реперных точках и как, следствие, на невыполнения условий последовательного затвердевания. На рисунке 3 показаны двухмерное и трехмерное изображение отливки с дефектом усадочной природы, где можно наблюдать места скопления жидкого сплава с усадкой порядка 3-4 % в пределах расчетного узла по методу наименьших квадратов, в то время когда отливка полностью затвердела. Наблюдение процесса затвердевания помогло найти ответ на вопрос причины возникновения усадки в теле отливки, рисунок 2. По нашему мнению, подвод металла в центральную прибыль неравномерно разогревает керамическую оболочку в месте соединения проходных каналов, вследствие чего питатели, необходимые для оптимального заполнения огнеупорной керамической формы, затвердевают с большей скоростью чем прибыль, а не наоборот, то есть нарушается принцип направленного затвердевания, приводит к образованию наблюдаемых дефектов.

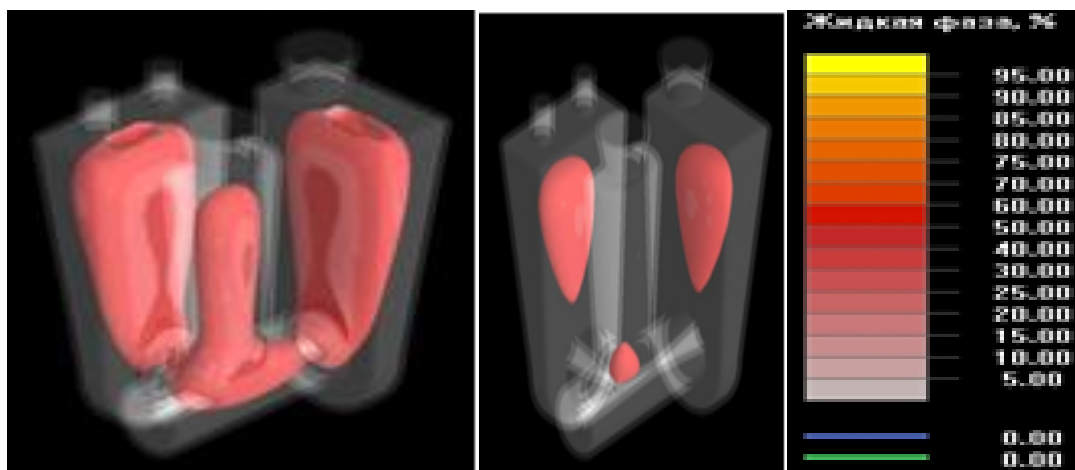


Рис. 2. Процесс затвердевания жидкого металла в объеме (а) и в 2D (б) на 25 минуте

Заключение. Таким образом, система питания с центральной прибылью не обеспечивает достаточное питание данной крупногабаритной отливки. Расчет показал, что металл затвердевает не в прибыли, для этого она и конструируется, не обеспечивает требования к питанию и структуре отливки.

Список литературы

1. 3D CAD Design Software SolidWorks [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.solidworks.ru> (06.10.2018).
2. Сушко Т. И., Караев Р. Ш., Пашнева Т. В. Междисциплинарное обучение курсантов физике посредством моделирования физических процессов затвердевания [Текст] // Научный альманах. – 2019. № 6. – С.128–134.
3. Сушко Т.И., Караев Р.Ш., Пашнева Т.В., Ильинский С.В. Компьютерное моделирование как способ корреляции изготовления отливки / XXIII Международный семинар «Физико-математическое моделирование систем», 25-26 ноября 2021г. [Текст]: [сб. статей]/ ответственный редактор И. Л. Батаронов – Воронеж: ФГБОУ ВО ВГТУ, 2022. – С.105-109.

УДК 621.74

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИМИТАЦИЯ ПРОЦЕССА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Сушко Т.И., канд тех. наук, доц., *Кожмякин А.С.*, *Ильинский С.В.*

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени им. Н.Е. Жуковского
и Ю.А Гагарина», г. Воронеж, РФ
tane2020102010@mail.ru

Введение. В современном образовании компьютерное моделирование заняло прочное место связующего звена между теорией и практическим применением, так как подходы, применяемые для создания

математических моделей, напрямую зависят от теоретических знаний по рассматриваемым темам исследований. Программное обеспечение заменяет промышленную установку, где на входе подаются различные параметры, определяемые граничными условиями поставленной перед исследователем задачей. На выходе результаты измерений представлены в виде графических параметров и визуально показан полный цикл технологического процесса с возможностью его корректировки. Такой метод в обучении курсантов дисциплинам естественно-математического цикла осуществляется через концепцию компьютеризации технологических процессов, который можно описать как «инженерное мышление», формирование которого на наш взгляд, и является целью инженерного военного образования.

Цель. Представим в данной статье опыт междисциплинарного взаимодействия в рамках естественно – научных дисциплин на примере изучения уравнения теплопроводности и заполнения литейной формы жидким металлом. Имитации физических явлений и процессов на основе методов математического моделирования широко применяются в литейном производстве. Они рассматриваются как фундаментальное средство проектирования бизнес-процессов машиностроительных компаний для достижения наиболее важных показателей их деятельности и производственной цели, особенно при изготовлении деталей с высокими требованиями по наличию эксплуатационных свойств, где одну из важных ролей играет качество отливки.

Основная часть. Получение деталей с минимальным уровнем дефектов (пористость, рыхлоты, раковины) возможно с учетом исследований теоретического и практического характера, особенно в процессах, невыполнимых в натуральных экспериментах, [1]. Кроме того, реализация моделирования которое мы называем параметрическим, так как все параметры являются доступными в любой момент времени для их корректировки очень удобны, позволяют вносить изменения в граничные данные и проектируемую конструкцию системы питания и технологических параметров процесса, согласующиеся с двухфазной диаграммой состояния. Использование компьютерного моделирования позволяет качественно наблюдать и проводить работы по проектированию и оптимизации процессов затвердевания отливок, то есть имитировать его реальный процесс. Уравнение теплопроводности в неоднородной среде и процесс затвердевания отливки изучались в рамках специализированной программы LVM Flow на основе русского интерфейса. Имитация процесса затвердевания детали «Корпус» сталь 30ХМЛ рассматривалась на основе аналитических возможностей программы LVM Flow с программными модулями, позволяющими визуализировать процессы заполнения расплавом формы и его охлаждение, отражая течение, давление в сплаве, долю жидкой и твердой фазы, а также скопление дефектов как усадочного, так и газового происхождения [2]. Построение трехмерных моделей

отливки и литниковой системы 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. Для проведения исследования формировали трехмерную модель отливки и литниково-питающих систем посредством SolidWorks, создавая конечно – разностную сетку, состоящую из 54102 элементов для отливки и 263138 элементов для литейной формы. Подход в трехмерном моделировании копирует реальный технологический процесс изготовления детали и позволяет разбивать его на этапы по времени осуществления и корректировки на основе алгоритма решения поставленных задач в виде оптимизации технологии и борьбы с недоливами и другими признаками бракованных изделий. На передний план выходит не форма математической модели, а замысел конструктора в виде инженерного проекта с визуальным наблюдением направленности затвердевания, гидравлических потоков. Численное моделирование проводили на основе технологических параметров стали 30 ХМЛ и материала формы, в нашем случае это песчано – жидкостекольная смесь. Данными для расчета являлись – температура ликвидуса 1500°C , температура солидуса 1450°C , температура заливки выбирали из диаграммы состояния 1620°C . Для имитации процесса и определения границ порога питания в соответствии $g(S(r,t), L(r,t), P(r,t))$ на сетке менялись площади ограничивающие области жидкой, твердой и жидко – твердой фазы по области деления отливки на сечения с разной толщиной стенки и перепадом температур, что фиксировалось цветным изменением по шкале температурных полей. Относительное содержание каждой фазы по фиксированной температурной шкале и времени в пространстве объема отливки выбирали равным площади по отношению площади занимаемой этой гетерогенной фазы и площади ее сечения. Как видно из рисунка 4 зависимость содержаний жидкой, твердой и двухфазной области от времени по сечению в отливки в двухмерном измерении хорошо согласуется с теоретическими данными, то есть в начальный момент значительная часть жидкой области превышает твердую область, что соответствует гравитационному течению сплава и ламинарному потоку с выбранным числом Рейнольдса. В середине отливки количество твердо – жидкой фазы больше чем жидкой, следовательно, ламинарное гравитационное течение сплава заменяется фильтрацией капиллярно – пористой средой.

Заключение. Количество жидкой фазы в нижней части прибыли отливки на всем этапе затвердевания соответствует теоретическим расчетам; доля жидкой фазы в отливке максимальна в тепловом узле, который быстро охлаждается, и в общем позволяет выполнять принцип направленного затвердевания, но он нарушается на границе отливка – прибыль и тем самым не обеспечивает получения качественных отливок

[4]. На границе отливка-прибыль, большую часть дефектов составляют пористость и рыхлота. Скорость охлаждения в верхней части прибыли максимальна и составляет 0,2 0С/с, что объясняется теплоотводом с открытой поверхности прибыли, в тепловом узле отливки, скорость охлаждения минимальна и составляет 0,070С/с.

Список литературы

1. 3D CAD Design Software SolidWorks [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.solidworks.ru> (06.10.2018).
2. Баландин Г.Ф. Теория формирования отливки: Основы тепловой теории. Затвердевание и охлаждение отливки/ Г.Ф. Баландин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 360 с.
3. Сушко Т. И., Караев Р. Ш., Пашнева Т. В. Междисциплинарное обучение курсантов физике посредством моделирования физических процессов затвердевания [Текст] // Научный альманах. 2019. № 6. – С.128–134.
4. Сушко Т.И., Караев Р.Ш. Компьютерное моделирование как способ корреляции снижения затрат на изготовлении стальных отливок – X Национальная научно-практической конференция с международным участием «Моделирование энергоинформационных процессов», 21–23 декабря 2021 г. [Текст]: [сб. науч. статей]. – Воронеж: ВГУИТ, 2022. – С. 207–211.

УДК 37.013.32

ПРОГРАММНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС КАК ЭЛЕМЕНТ ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ КАФЕДРЫ ФИЗИКИ ВОЕННОГО ВУЗА

Сушко Т.И., канд тех. наук, доц., *Хухрянская Е.С.*, канд тех. наук, доц.,
Кожемякин А.С.

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени им. Н.Е. Жуковского
и Ю.А Гагарина», г. Воронеж, РФ
tane2020102010@mail.ru

Введение. Информатизация образования является важным направлением государственной политики высшей школы России, основу которого составляет совершенствование интеллектуальной деятельности вуза посредством информационных технологий и как следствие, создания ее информационной среды. Такой подход в современных реалиях времени позволяет подготовить специалистов с широким спектром собственных линий обучения за счет изменения организации управления учебной деятельностью, системного мышления в рамках унификации знаний компетенций специализации при сохранении целостности динамически адаптируемой и программируемой учебной подсистемы. При этом информационное ускорение учебного процесса, позволяет поддерживать деятельный подход будущих специалистов на всех его этапах

(заинтересованность-мотивация-задачи-условия-средства-реализация).

Образование и наука это и есть информационные технологии независимо от средств их реализации[1]. Информационные технологии в образовательной среде позволяют получить более быстрые средства передачи и обработки учебного материала, рационализировать каждому индивидууму экспериментальные и теоретические данные, представленные преподавателем в курсе физики.

Цель. Целью данной работы является разработка программно-методического комплекса (ПМК), учитывающего специфику решаемых задач и методик применительно к военному образованию и являющегося элементом единой информационной среды кафедры физики на основе технологии прямого доступа.

Основная часть. Данная технология не предполагает выбор алгоритмов управления банком данных и маршрутов обучения. Под ПМК будем понимать информационный источник, содержащий различные типы информации, направленный на реализацию целей и задач современного образования. Поскольку в программном обеспечении реализуется математическое и лингвистическое обеспечение, то их также можно считать компонентами ПМК, логическая структура которого представлена на рисунке 1. Дополнительно отметим, что кафедре имеются разнородные и разнотипные наработки, представленные в различных форматах и представлениях, поэтому наличие интерфейсных частей необходимо как для сохранения и представления в унифицированной форме, так для выгрузки тестовых заданий, учебно-методических материалов и т.п. в сторонние приложения. Программный комплекс, как часть и основа единого информационного пространства кафедры, ориентирован на работу в среде MS Windows в совокупности со стандартным набором внешних устройств и при наличии свободного места на жестком диске 4 Мбайт. Сочетание информационных технологий, наложенных на специфику военного обучения, с традиционными методиками, апробированных на кафедре, и новых методов является, на наш взгляд, правильным направлением работы, продиктованным настоящими условиями [2]. Одной из целей и центральной задачей комплекса является создание унифицированных тестовых заданий по физике, методические рекомендации для которых детально изложены в электронном пособии, где на примерах подробно рассмотрен процесс создания теста с использованием разных подходов. Задания создаются в приложении tMaker, входящем в приложение tTester пакета SunRav TestOfficePro, разработчик ООО «Техносервис плюс» (г.Новосибирск). Автор в данном редакторе может указать сам текст задания и определять внешний вид текста, задать условие восприятия теста в целом, каждую тему в отдельности, выбрать регламент тестирования. Редактор имеет возможности импорта тестов из текстовых и табличных файлов, проверку теста на

корректность, ручное/автоматическое управление контентом и т.д. В тестах индикаторного назначения подсчет результирующих баллов осуществляется таким образом: за каждый утвердительный ответ курсант зарабатывает столько баллов, каков вес вопроса. В зависимости от типажа вопроса утвердительным ответом считается (рис.): один безошибочный ответ (одиночный выбор), извлеченные безошибочные варианты ответов (множественный выбор), конвергенция с клише (открытый вопрос), постанова верных пары соответствий (соответствие), установление одинакового порядка (упорядоченный список). В тестах психологического типа за каждый выбранный ответ курсант зарабатывает баллы (в зависимости от типа вопроса). Задать типаж теста можно в пункте меню «Свойства теста» (рисунок). Данный способ, как показывает наша практика, удобен в случае имеющихся тестовых материалов, созданных другими приложениями, в частности, пакета MS Office

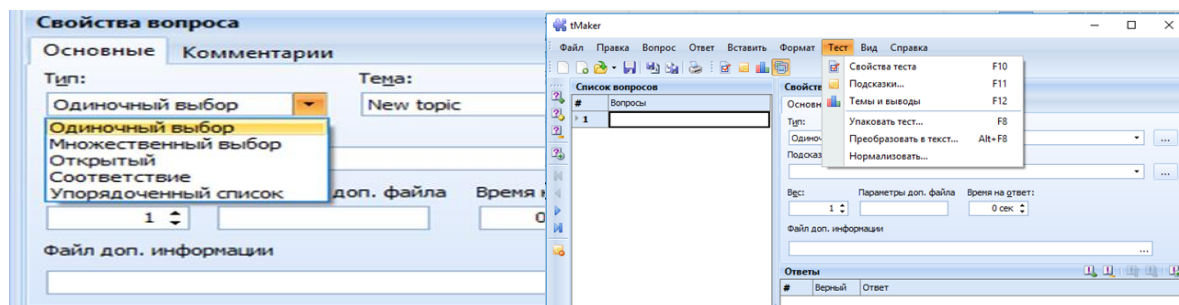


Рис. 1. Выбор типа вопроса и типа ответов

Необходимые правки для экспорта можно внести в готовые материалы. Так, тест для экспорта в SunRay TestOfficePro, созданный в приложении MS Excel, должен иметь специальный вид (рис. 3). Столбцы содержат следующую информацию: А – Номер вопроса, В – Текст вопроса, С – Вес вопроса, D – Тип. Программа допускает не только импорт из других приложений, но и выгрузку тестов как в приложения MS Office, так и в текстовый файл с неизбежными потерями нетекстовых включений. Выбор теста можно сделать после регистрации. Результаты тестирования вопроса и т.п. Таким образом, разработанный программно-методический комплекс, учитывающий специфику решаемых задач и методик применительно к ВУНЦ ВВС «ВВА» и являющегося элементом единой информационной среды кафедры, как взаимосвязанной совокупности программного, информационного и методического обеспечения, произведен выбор инструментов для разработки ПМК, [3].

Заключение. Для систематизации наработок кафедры предложена модель реляционной базы данных тестовых кафедральных материалов. Достоверность результатов подтверждается корректным использованием теории систем и системного анализа, теории принятия решений, математической статистики, вычислительных методов математического программирования, математической логики и теории баз данных.

Список литературы

1. Бакланов И.О., Сушко Т.И., Хухрянская Е.С. Технологии индивидуализации обучения физике с унификацией знаний в военном авиационном вузе [Текст] // Тенденции развития науки и образования – Москва– 2020. – № 62. – Ч.12. – С. 18–21.
2. Бакланов И.О., Сушко Т.И., Хухрянская Е.С. Особенности оценки образовательной деятельности при дифференцированном обучении курсантов дисциплине «Физика» [Текст] / Проблемы и современные пути развития образования в области аэронавигации. – Сызрань – 2021. – С.118-122.
3. Сушко Т.И, Хухрянская Е.С., Программно-методический комплекс как элемент единой информационной среды кафедры // VIII Региональная научно-методическая конференция «Проблемы преподавания математики, физики, химии и информатики в ВУЗе и средней школе, 23 апреля 2022 г. [Текст]: [сб. материалов конференции]. – Воронеж: ВГУИТ, 2022. – С. 49.

УДК 004.932:004.42

ДЕМОНСТРАТИВНО-ОБУЧАЮЩАЯ ПРОГРАММА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ШКОЛЬНОЙ ХИМИИ

Трипольская В.С.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
valeriya.tripolskaya.s@yandex.ru

Введение. Современное образование претерпевает постоянные изменения и модернизацию, в частности, касаясь методологии обучения химии в школах. В свете стремительного развития технологий и растущей потребности в доступе к качественному образованию, создание инновационных педагогических инструментов становится предметом научного и практического интереса. В данном контексте научное сообщество и образовательные учреждения сосредотачивают свое внимание на сфере дополненной реальности (AR) и ее потенциале в совершенствовании учебного процесса.

Актуальность данного исследования заключается в необходимости улучшения образовательных методик и обеспечения более эффективного усвоения знаний у школьников путем создания инновационных образовательных инструментов.

Целью данной работы является создание образовательного инструмента, способствующего более глубокому и интерактивному изучению химии. Для реализации этой цели, используются технологии дополненной реальности, компьютерное зрение, машинное обучение и высокоэффективные алгоритмы обработки изображений. Предметом исследования является разработка программного продукта с

использованием следующих инструментов: Flutter, ARCore, ARKit, OpenCV и Python.

Основная часть. Разрабатываемое приложение предназначено для изучения периодического закона химических элементов в рамках школьной химии посредством интерактивной таблицы Менделеева. Пользователь может выбрать одну из категорий химических элементов для изучения, составленных на основе схожих химических свойств («Металлы», «Неметаллы», «Полупроводники», «Инертные газы» и др.). Далее при наведении камеры смартфона на таблицу, элементы выбранной категории будут подсвечены и при клике на один из элементов – на экране отобразится 3D-модель атома элемента и его основные химические характеристики: атомная масса, стандартное состояние, электронная конфигурация, плотность, температуры плавления и кипения, электроотрицательности.

Данный программный продукт включает в себя следующие модули (рис.). При входе в приложение происходит инициализация AR-сессии, посредством которой производится захват видеопотока с камеры мобильного устройства пользователя. Далее захваченный видеопоток передается серверной части приложения, где происходит его разбиение на кадры. Кадры сравниваются по критерию качества посредством метрики качества изображения FSIM, которая доказала свою эффективность сравнения изображений в экспериментах [1]. Затем наиболее качественный кадр передается модулю обработки изображения. В данном модуле происходит улучшение качества кадра посредством уменьшения шума с помощью фильтра Гаусса, выделения границ с использованием оператора Кэнни, бинаризации изображения, улучшения контрастности и увеличения резкости. Предварительно обработанная графическая информация передается в модуль распознавания объектов, где предварительно обученная на датасете изображений химических символов, модель сверточной нейронной сети анализирует кадр на наличие химических символов. Информация об идентифицированном символе ищется посредством инициализации запроса к системной базе данных химических элементов периодической таблицы, информация которой взята из общедоступной базы данных PubChem [2]. Далее на основе координат объектов строится проекция готовой 3D-модели атома, разработанной с помощью Blender. Далее найденная информация передается клиентской части и ядру дополненной реальности для отображения 3D-модели атома химического элемента и его свойств.

Для реализации мобильного приложения используется фреймворк Flutter, основанный на языке Dart. Главной особенностью данного инструмента является кроссплатформенность – на основе единого кода приложение компилируется для Android и IOS, что обеспечивает доступность программного продукта. В качестве ядра дополненной реальности используются ARCore и ARKit (применяются в зависимости от

мобильной платформы). Данные библиотеки направлены на реализацию безмаркерного метода AR. Для обработки изображения используется библиотека компьютерного зрения OpenCV. Для реализации алгоритма машинного обучения планируется использовать язык программирования Python. В качестве архитектуры сверточной нейронной сети была выбрана YOLO, главной особенностью которой является способность обнаруживать и классифицировать объекты одним проходом по сети [3].

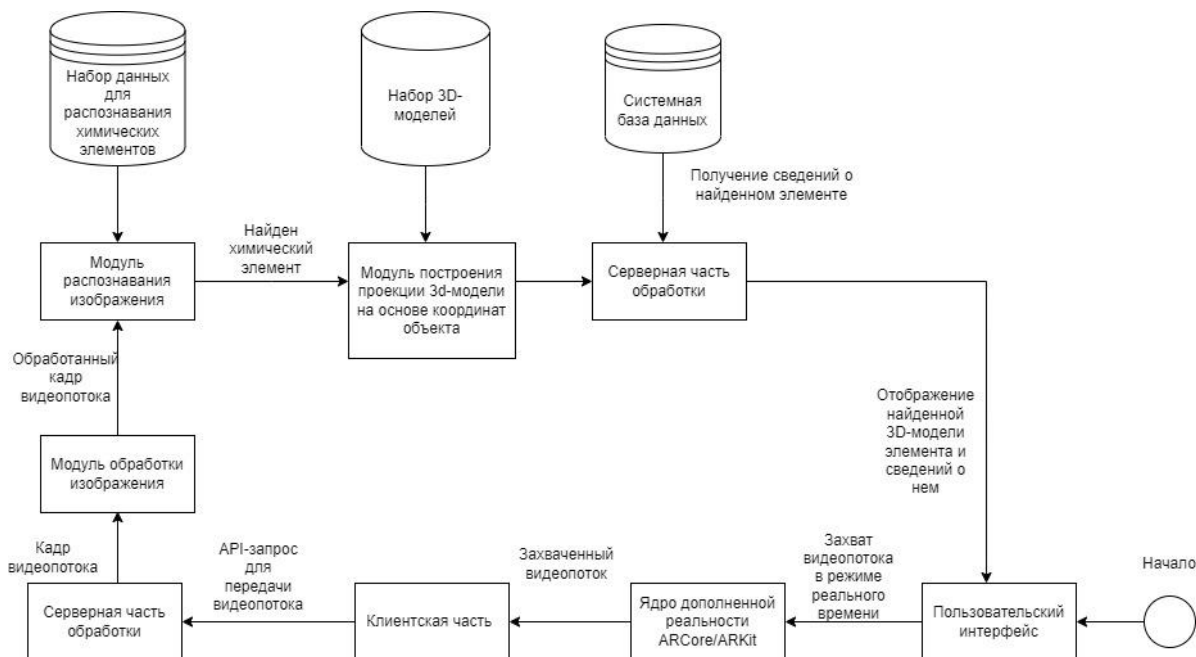


Рис. Структура демонстративно-обучающей программы на основе дополненной реальности по химии

Заключение. В данной работе была представлена концепция демонстрационно-обучающей программы на основе дополненной реальности для изучения школьной химии. Этот образовательный продукт позволит учащимся интерактивно и эффективно изучать химические элементы и их характеристики, делая процесс обучения более увлекательным и понятным. Важным аспектом данного проекта является обеспечение взаимодействия с виртуальными моделями атомов химических элементов в реальном времени. На данный момент исследования ведется разработка модуля для распознавания изображений химических символов.

Дальнейшие перспективы развития данного проекта:

1. введение элементов геймификации: добавление различных головоломок и загадок, за решения которых предусмотрены баллы и поощрения, внедрение системы рейтинга пользователей;
2. персонализация обучения: добавление настройки уровня сложности и образовательного контента в зависимости от индивидуальных потребностей и уровня подготовки учащегося;
3. добавление новых тем для изучения;

4. внедрение различных образовательных стратегий для повышения уровня эффективности обучения посредством данного программного продукта.

Список литературы

1. Sara U. Image quality assessment through FSIM, SSIM, MSE and PSNR—a comparative study/ M. Akter, M.S. Uddin //Journal of Computer and Communications. – 2019. – Т. 7. – №. 3. – С. 8-18.
2. National Library of Medicine – PubChem [Электронный ресурс]. – URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov> (дата обращения: 29.09.2023).
3. Diwan T. Object detection using YOLO: Challenges, architectural successors, datasets and applications / G. Anirudh, J. V. Tembhurne //multimedia Tools and Applications. – 2023. – Т. 82. – №. 6. – С. 9243-9275.

УДК 615.849

СИСТЕМА СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОБЫЧНОГО КОМБАЙНА В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА СИГНАЛА

Трофимов В.В., канд. техн. наук

ФГБНУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела», г. Донецк, РФ
victor.trofymov@ranimi.org

Введение. Анализ обстоятельств и причин происходящих в шахтах аварий и сопровождающего их травматизма – актуальная проблема повышения безопасности горных работ [1]. С этой целью необходимо в реальном времени иметь информацию об аномальных изменениях горно-геологических условий и напряженного состояния массива в процессе механизированной выемки угля для оперативного принятия инженерных решений по управлению процессом добычи или своевременному выполнению профилактических мероприятий. Для решения этой задачи методом сейсмической томографии предложено программное обеспечение обработки и анализа сейсмоакустической информации с накоплением статистики основных параметров сейсмотрасс: максимума модуля амплитуды и его частоты, скоростей первых вступлений, средних энергий, ширины спектра сейсмограмм. При этом в качестве источника сейсмических колебаний используется шум исполнительного органа (шнека) добычного комбайна в процессе разрушения им угольного пласта. Упругие колебания принимаются в вентиляционном штреке отработываемого угольного пласта многоканальной сейсмической

системой с расположением сейсмоприемников в плоскости пласта (в средней части его мощности) за областью максимума эпюры горного давления в краевой части пласта.

Основная часть. Для подтверждения возможности использования техногенных колебаний вызванных работой добычного механизированного комплекса в качестве источника полезного сигнала при прогнозе строения горного массива определены структурные составляющие волнового поля, инициированного работающим механизированным комплексом, признаки и информативные характеристики, путем анализа которых могут быть выявлены аномалии, определены закономерности изменения информативных характеристик волнового поля в зависимости от параметров аномалии. Рассмотрен вопрос, насколько информативность данного подхода зависит от положения механизированного комплекса на линии забоя. Проведенный анализ позволил обосновать возможность прогноза зон влияния геологических нарушений, зон повышенного горного давления на основе комплексного амплитудного и спектрального анализа шума от добычного комбайна.

В основе подхода лежит стандартная методика наблюдений метода сейсмического просвечивания с перемещением источника вдоль расстановки приемников [2-3]. Интервал пунктов возбуждения является неравномерным, а сейсмоприемники располагаются в оконтуривающих обрабатываемое пространство выработках.

Программное обеспечение обработки сейсмоакустических данных реализовано как сервис операционной системы, не имеющий интерфейса пользователя. Входными данными являются положение сейсмоприемников, комбайна и исходные сейсмограммы. Сейсмограммы по заданному в настройках пути размещаются программным обеспечением многоканальной сейсмостанции в виде файлов. Результаты обработки этих данных собираются в кортежи, которые могут быть сохранены на устройства постоянного хранения информации либо по запросу переданы клиентским программам для последующей обработки и визуализации. Объем накапливаемых данных определяется настройками. Параметры сейсмограмм содержат результаты обработки исходных сейсмозаписей и вычисленных для них частотных спектров: максимум модуля амплитуды и его частота; средняя энергия; ширины спектра сейсмограмм; максимальная частота низкочастотной части частотного спектра (НЧЧС) и высокочастотной части частотного спектра (ВЧЧС); ширина НЧЧС и ВЧЧС; значение максимальной частоты НЧЧС и ВЧЧС; среднее значение НЧЧС и ВЧЧС; средняя энергия НЧЧС и ВЧЧС.

Сервис обработки сейсмоакустической информации включает в себя сервер обработки сейсмотрасс и сервер обработки запросов клиентских программ. Каждый из них работает в отдельном потоке. По этой причине

модель данных разрабатывалась с учетом корректного одновременного доступа нескольких потоков к разделяемой информации.

Сервер обработки сейсмоакустической информации создает ряд объектов синхронизации операционной системы для отслеживания изменений в разделе реестра параметров сервиса и директориях файлов данных сейсмоприемников и записей сейсмоакустической информации. Установка одного или нескольких созданных объектов синхронизации в сигнальное состояние приводит к немедленному вызову соответствующего обработчика, что в большинстве случаев приводит к переадресации обработки события функциям обработки сейсмоакустических данных. Все время между обновлениями параметров системы или файлов данных основной поток сервера находится в спящем режиме, выходя из него только для проверки прерывания работы при остановке сервиса, обеспечивая, таким образом, корректное завершение работы с освобождением всех выделенных ресурсов.

Для обеспечения множественного доступа клиентского программного обеспечения к данным результатов обработки сейсмоакустической информации для каждого запроса выделяется отдельный канал связи, обслуживание которого выполняется в отдельном потоке. Эту задачу решает сервер обработки клиентских запросов. Количество одновременно обслуживаемых клиентских программ ограничено ресурсами операционной системы и аппаратных средств. Сервер обработки запросов также постоянно находится в режиме ожидания подключения клиента для передачи результатов обработки данных сейсмической томографии. Для обработки нового соединения выделяется отдельный поток, после чего сервер создает новый экземпляр канала связи и переходит в режим ожидания следующего подключения. Алгоритм работы потока обработки запросов клиентского программного обеспечения построен на основе конечного автомата, имеющего три состояния: соединение, чтение запроса, передача данных. Соединение с клиентом может поддерживаться постоянно либо сразу закрывается после выполнения обмена данными. Благодаря использованию стандартного интерфейса операционной системы для создания каналов связи (pipe) клиентское программное обеспечение может функционировать и выполнять запросы чтения результатов обработки сейсмоакустической информации удаленно по локальной сети. Результатом работы клиентского программного обеспечения являются карты распределения вычисленных параметров акустического поля с схематическим отображением шахтного поля, положения комбайна и системы наблюдения.

Заключение. Разработанное программное обеспечение обработки сейсмоакустической информации с целью оценки состояния горного массива в реальном времени позволяет на основании информации о входе горных выработок в аномальные по напряженному состоянию зоны

принимать оперативные решения по управлению процессом выемки угля или своевременному выполнению профилактических мероприятий, что должно обеспечить сокращение аварий и несчастных случаев в угольных шахтах. При этом в качестве источника сейсмических колебаний используется шум добычного комбайна в процессе разрушения им угольного пласта.

Список литературы

1. Теория и практика шахтной сейсморазведки : моногр. / А. В. Анциферов – Донецк: ООО “Алан”, 2002. – 312 с.
2. Захаров, В. Н. Сейсмоакустическое прогнозирование и контроль состояния и свойств горных пород при разработке угольных месторождений / В. Н. Захаров. – М.: ФГУП ННЦ ГП ИГД им. А. А. Скочинского, 2002. – 172 с.
3. Тиркель, М. Г. Теоретическое обоснование нового способа описания аномалий при сейсмическом прогнозе строения горного массива / М. Г. Тиркель, А. А. Глухов // Проблемы гірського тиску Під заг. ред. О. А. Мінаєва. – Донецьк: ДонДТУ, Дон-ВГО, 2004. – № 12. – С. 14-25.

УДК 519.6:004.5

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СВОБОДНОЙ ЗАТОПЛЕННОЙ И ВСПЛЫВАЮЩЕЙ СТРУИ

Финошин Н.В., канд. физ.-мат наук, доц.,
Ломонос Г.Т., Лапа О.П., Хрипунов Р.А.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
lomonos.gn@gmail.com

Введение. Вредные для человека и природы выбросы могут перемещаться в воздушных потоках на большие расстояния. С практической точки зрения представляют интерес экспериментальные исследования характеристик распространения выбросов горячих газов из дымовых труб и горизонтальных источников в атмосфере.

В данном докладе приведены результаты автоматизации процесса моделирования затопленных и всплывающих струй на экспериментальной установке путём внедрения аппаратно-программного комплекса.

Цель – разработка аппаратно-программного комплекса для повышения производительности экспериментальных исследований при моделировании затопленных и всплывающих струй.

Основная часть. Для исследования параметров затопленных и всплывающих струйных течений на кафедре Физики неравновесных процессов метрологии и экологии ФГБОУ ВО "ДОНГУ" создана

экспериментальная установка, позволяющая проводить исследования профилей средней скорости, пульсаций скорости, температур, пульсаций температур горизонтальной затопленной и всплывающей струи. Экспериментальная установка представляет собой аэродинамическую трубу прямого действия, схема которой приведена на рис.1.

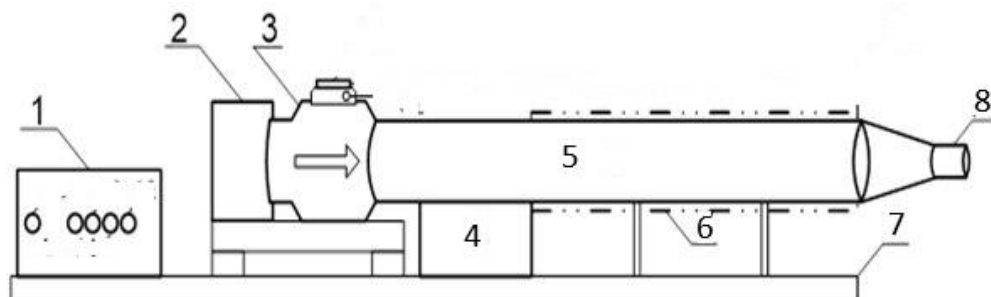


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – модуль управления нагревателем; 2 –фильтр; 3 – вентилятор; 4 – нагреватель; 5 – форкамера аэродинамической трубы; 6 – термоизоляционный кожух; 7 – общее основание; 8 – конфузор

Поток воздуха создаётся вентилятором 3 и нагревается нагревателем 4. В этом варианте скорость потока воздуха регулируется вручную, и также вручную с помощью модуля управления нагревателем 1, регулируется температура потока воздуха. Струя воздуха на выходе из конфузора 8 распространяется в окружающее пространство. Нижняя и верхняя границы струи зависят от скорости потока воздуха и его температуры.

Для измерения различных характеристик струи в пределах её границ используются датчики, которые закрепляются в координатном устройстве. Положение этих датчиков в границах струи также задаётся вручную.

Практика проведения исследований при ручном управлении показала необходимость повышения эффективности использования данной экспериментальной установки. Поэтому разработка программно-аппаратного комплекса с достаточной функциональностью и невысокой себестоимостью за счет использования свободно-распространяемого и собственного программного обеспечения является актуальной задачей. Повышение эффективности проведения исследований обеспечивается автоматизацией проведения экспериментов благодаря созданному аппаратно-программному комплексу в сотрудничестве с Кафедрой компьютерных технологий.

Автоматизация заключается в компьютерном планировании и управлении процессом проведения эксперимента и программного управления режимами работы аэродинамической трубы и нагревателя. Такого типа задачи относятся к классу процесса сбора информации реального времени для обработки, анализа и управления объектами, которые в настоящее время наиболее эффективно решаются при помощи автоматизированных средств программной разработки на основе

использования систем SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) [1]. Для разработки программного обеспечения нами выбрана бесплатная базовая версия программной системы для автоматизации технологических процессов SCADA TRACE MODE® 6.10.2 (ООО "АдАстрА Рисерч Груп", Москва) [2].

Для микроконтроллерного управления перемещением датчиков тележка на экспериментальной установке заменена новой конструкцией для перемещения модуля с датчиками по принципу кинематики 3D принтера по схеме H-BOT. Разработанный программно-аппаратный комплекс состоит из двух частей – автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора-исследователя и блок управления на основе микроконтроллерной системы управления экспериментальной установкой, реализующий следующие функции:

- формирование программы и управление проведением эксперимента;
- передача команд программе микроконтроллера для управления режимами работы аэродинамической трубы и температуры воздушного потока;
- передача команд программе микроконтроллера для управления шаговыми двигателями перемещения модуля с датчиками в пространстве координат (x, y) по заданной программе или по команде оператора;
- приём от микроконтроллера численных значений от датчиков в ходе проведения эксперимента.

Основу блока управления составляют микроконтроллер Arduino nano с необходимыми драйверами управления шаговыми двигателями, реле для управления вентилятором и нагревателем, и преобразователями для подключения датчиков. Обмен данными между АРМ оператора и микроконтроллером Arduino nano выполняется по протоколу Modbus RTU. Вид экрана пульта управления ПО АРМ оператора представлен на рис. 2.

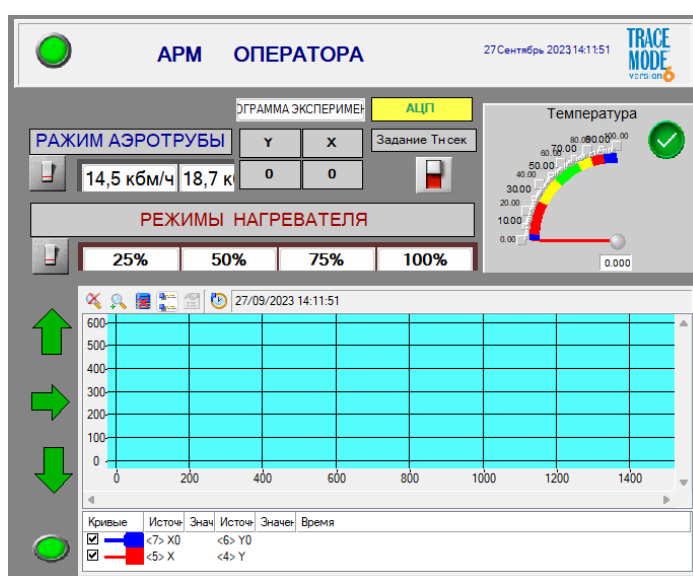


Рис. 2. Экран пульта управления ПО АРМ оператора

Здесь на экране посредством элементов управления задаются скоростные и тепловые режимы работы экспериментальной установки и отображаются численные значения контролируемых параметров.

Заключение. Разработанный программно-аппаратный комплекс позволяет существенно сократить время получения экспериментальных данных с увеличением их объема, автоматизировать процесс проведения экспериментов, а также экономить время и энергоресурсы, затрачиваемые на проведение экспериментальных исследований моделирования затопленных и всплывающих струй.

Список литературы

1. Системы автоматического контроля и сбора информации (SCADA) – URL: <http://bourabai.kz/dbt/scada.htm> (дата обращения: 14.04.2023)
2. Руководство пользователя SCADA TRACE MODE 6 – URL: <http://www.adastra.ru/products/rukovod/> (дата обращения 17.04.2023)

УДК 004.932:004.352.242:004.89

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ КОМПЛЕКТУЮЩИХ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ С АВТОМАТИЧЕСКИМ ИНТЕРНЕТ-АНАЛИЗОМ ХАРАКТЕРИСТИК И ВЫДАЧЕЙ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО АПГРЕЙДУ

Чинёнов В.Е.

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
vlad2000100600@gmail.com

Введение. Компьютеры стали неотъемлемой частью жизни людей. При выборе комплектующих для персонального компьютера пользователи сталкиваются с проблемой отсутствия нужных знаний. Неверный выбор комплектующих может привести к неэффективной работе компьютера и потере времени на поиск и замену компонентов [1]. В современном мире вычислительных технологий управление компьютерными ресурсами становится критически важным для всех пользователей ПК.

Проблемы при управлении компьютерными ресурсами: выбор комплектующих из множества вариантов, совместимость компонентов, повышение производительности и ограниченный бюджет.

Разрабатываемое приложение направлено на улучшение процесса выбора компьютерных комплектующих, предоставляя современный функционал и обходя ограничения устаревших программ-конфигураторов. Главная новизна – внедрение машинного зрения для распознавания

комплектующих по маркировке с целью обеспечения высокой скорости и точности, а также сокращения вероятности ошибок.

Цель. Исследование современных технологий в области компьютерного зрения, автоматического сбора и анализа данных из сети Интернет, рекомендательных систем для выделения перспективных решений и их внедрения в приложение. Предмет исследования – методы визуального распознавания объектов и автоматического поиска характеристик объектов по названию в Интернете. Сфера применения – это сегменты рынка ИТ, где оптимизация процесса выбора, замены и апгрейда комплектующих является критически важной.

Основная часть. Разработка задуманного приложения является многопрофильным заданием и требует знаний в следующих областях: машинное зрение, обработка изображений, сбор и анализ данных, мобильная и веб-разработка, искусственный интеллект, хранение данных. Ключевая технология – машинное зрение, а именно OCR для считывания маркировки. Оптическое распознавание символов (OCR) — это технология, которая распознает символы на изображениях, отсканированных документах и других источниках [2]. Библиотека Mobile Vision — это мощный инструмент для интеграции OCR в мобильные приложения.

Получения полных характеристик компьютерных комплектующих по маркировке невозможно только при помощи OCR. Приложение должно выполнить автоматический поиск комплектующего в сети Интернет и извлечь данные о его характеристиках с помощью веб-скрапинга или API на основе базовой информации, такой как производитель, модель и серийный номер. Python с библиотекой Scrapy предоставляет хорошие возможности для веб-скрапинга: асинхронность, обработка JavaScript, сохранение данных в различных форматах, управление запросами, поддержка прокси и обхода блокировок. Альтернативой получения данных о компьютерных комплектующих является использование открытых API: PCPartPicker, Amazon Product Advertising, Intel ARK и Nvidia GPU Cloud.

Для предоставления рекомендаций по апгрейду ПК необходима комплексная оценка качества продукта на основе его технических характеристик, что позволит сравнивать продукты и выделять наилучшие варианты. Комплексные показатели: средневзвешенный арифметический ($K_{\text{ариф}}$), средневзвешенный геометрический ($K_{\text{геом}}$), средневзвешенный гармонический ($K_{\text{гарм}}$) [3].

$$K_{\text{ариф}} = \sum_{i=1}^m \alpha_{H_i} * K_{H_i}; K_{\text{геом}} = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m k_{H_i}^{\alpha_{H_i}}}; K_{\text{гарм}} = \frac{\sum_{i=1}^m \alpha_{H_i}}{\sum_{i=1}^m \frac{\alpha_{H_i}}{K_{H_i}}}, \#(1)$$

где K_{H_i} – нормированный i -й единичный показатель; α_{H_i} – нормированный коэффициент, характеризующий вес (значимость, важность) i -го единичного показателя; m – количество единичных показателей, принятых во внимание. Средневзвешенный показатель характеризует m свойств

изделия. Комплексные средневзвешенные показатели представляют собой условную величину, выражаемую в условных единицах и не имеющую реального физического содержания.

Для получения нормированных (безразмерных) значений единичных показателей k_{Hi} могут использоваться следующие выражения:

$$K_{Hi} = \frac{k_i - k_{кр i}}{k_{опт i} - k_{кр i}}; K_{Hi} = \frac{k_i}{k_{max i}}; K_{Hi} = \frac{k_{min i}}{k_i}, \#(2)$$

где k_i – исходное значение i -го единичного показателя; $k_{кр i}$ – критическое значение i -го единичного показателя; $k_{опт i}$ – оптимальное значение i -го показателя; $k_{max i}$ – максимальное значение i -го показателя; $k_{min i}$ – минимальное значение i -го показателя.

Если исходные значения k_i лежат в пределах $k_{кр i} < k_i < k_{опт i}$ или $k_{опт i} < k_i < k_{кр i}$, то нормированные значения k_{Hi} будут лежать в пределах $0 < k_{Hi} < 1$.

Коэффициенты значимости α_{Hi} для выражений должны выбираться так, чтобы обеспечивалось одно из условий: сумма коэффициентов α_{Hi} должна быть равна 1 или произведение коэффициентов α_{Hi} должно быть равно 1. Коэффициенты значимости должны лежать в пределах $0 < \alpha_{Hi} < 1$ [3].

Архитектура и функционал приложения. При проектировании архитектуры приложения была выбрана клиента-серверная архитектура. Основные модули приложения представлены на рисунке.

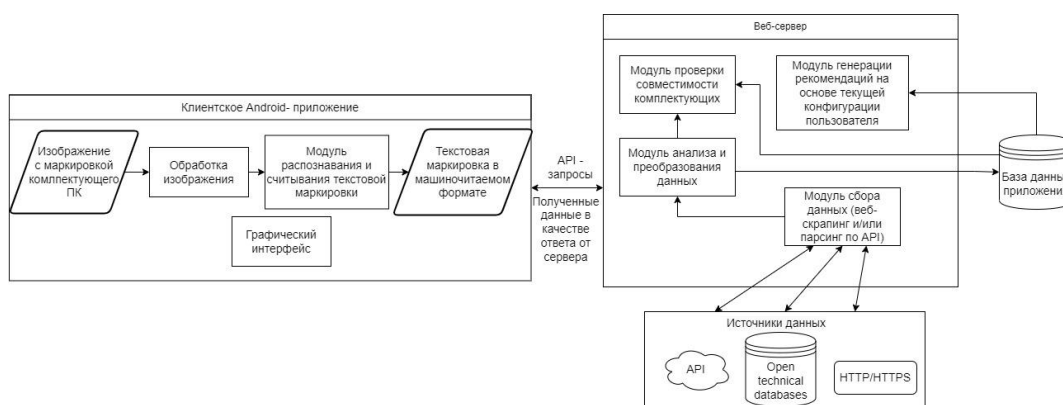


Рис. Структура приложения

Android-приложение позволит пользователям загружать изображения компьютерных комплектующих с маркировкой с камеры или галереи. Затем происходит обработка изображения (бинаризация, удаление шума, увеличение контрастности, удаление искажений, улучшение резкости), сегментация символов, выделение признаков, распознавание маркировки и предоставление текстовой версии маркировки в машиночитаемом формате. Приложение также выполняет API-запросы к серверу для получения данных и их удобного отображения. Серверная часть приложения разрабатывается на PHP с использованием фреймворка Laravel. Задачи сервера: поиск характеристик комплектующих в сети, получение данных о продажах на интернет-площадках, проверка совместимости с текущей сборкой и предоставление рекомендаций по апгрейду компьютера.

Заключение. Проведенный анализ современных технологий разработки приложений способствовал определению стратегий и методов, пониманию того, какие технологии и методы будут эффективными и подходящими для реализации приложения, позволил спроектировать архитектуру программы и сформировать план дальнейших действий для разработки описанного приложения, имея крепкую теоретическую базу.

Список литературы

1. Ялалов, Д. Р. Разработка мобильного приложения для подбора комплектующих для персонального компьютера / Д. Р. Ялалов // Научный аспект. – 2023. – Т. 19, № 5. – С. 2467-2471. – EDN MNXOFW.
2. Маслов, И. А. Оптическое распознавание символов в информационных системах и проблемы внедрения / И. А. Маслов // E-Scio. – 2023. – № 3(78). – С. 79-85. – EDN FUCXFZ.
3. Алефиренко, В. М. Сравнительный анализ технических характеристик ноутбуков с использованием комплексных показателей качества / В. М. Алефиренко, А. Д. Денскевич, А. М. Асиненко // Science Time. – 2022. – № 9(105). – С. 35-44. – EDN RAPVGB.

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Физика неравновесных процессов

<i>Бирюков А.Ю., Муканов Р.В., Мухин А.А.</i> Рекуперация теплоты вентиляционных выбросов	5
<i>Глухова Ж.Л., Щёголева Т.А.</i> Исследование индуцированных водородом эффектов в системах металл-водород.....	7
<i>Коркишко В.В.</i> Оптимизация решений в рафинировании стали	10
<i>Муканов Р.В., Мухин А.А., Вагина О.Р.</i> Исследование процесса диспергирования модельной жидкости сталагмометрическим методом	12
<i>Финошин Н.В., Попова А.Е., Юрлов Ю.Ю., Дубченко И.И.</i> Экспериментальное определение расхода воздушного потока в аэродинамическом стенде АС-5 ...	15
<i>Юрченко В.М., Соколов К.И., Подрухин А.А., Гангало А.Н.</i> Метод определения объема газов, содержащихся в закрытых порах каменного угля	17

Стандартизация и метрология

<i>Иванова С.С.</i> Необходимость внедрения системы менеджмента качества в газораспределительной организации.....	21
<i>Лачкова И.С., Анисимов Э.А.</i> Исследование качественных показателей безалкогольных напитков	24
<i>Меликова О.Н., Хайлова С.А.</i> Влияние размера участка поверхности на значения пространственных параметров шероховатости	26
<i>Полякова А.В.</i> Состояние и перспективы стандартизации в сфере туризма РФ	29
<i>Пометун Е.Д., Квасов М.В., Часник А.С.</i> Метод диагностирования степени загрязнения чувствительного элемента термометра.....	32
<i>Соколов В.А.</i> Объёмная геометрическая точность многокоординатных систем	33

Прикладная экология

<i>Алаторцев К.В.</i> Оптимизация строчных частот изображений ОЭА КА ДЗЗ в задачах экологического мониторинга Земли из космоса	38
<i>Алаторцев К.В.</i> Повышение эффективности экологического мониторинга Земли из космоса с использованием стандарта dVB-S2x в радиолинии КА ДЗЗ.....	41
<i>Алаторцев К.В.</i> Спектральная настройка стенда калибровки оптико-электронной аппаратуры КА ДЗЗ экологического мониторинга Земли.....	44
<i>Башева Т.С., Исаенко Ю.С.</i> Аспекты эстетического загрязнения городов	47
<i>Белецкий Я.О., Сердюк А.И.</i> Механический способ переработки химических источников тока	50
<i>Бодряга В.В.</i> Снижение выбросов пыли при переливах чугуна в миксерном отделении Донецкого металлургического завода.....	53
<i>Дрибан В.А., Дуброва Н.А.</i> Модель распределения вредных загрязняющих веществ в многократно подработанных горных массивах.....	55
<i>Есипов Ю.В., Черемисин А.И., Шестакин Н.С., Асланов П.В., Несова А.В.</i> Моделирование и прогноз интегрального риска технической системы «объект – факторы – защита – человек»	58

<i>Ильина О.В., Поярков А.А., Виноградская М.И.</i> Пластиковое загрязнение удаленных арктических регионов: общая проблема для населенных пунктов и морского побережья.....	62
<i>Климов П.В.</i> Оценка загрязнения атмосферного воздуха и экологического риска для здоровья населения города Ростова-на-Дону	65
<i>Кологривко А.А., Кузьмич В.А.</i> Локализация галитовых отходов на выведенных из сельскохозяйственного оборота землях	68
<i>Коркишко В.В.</i> APV-решение «территориальной» проблемы солнечной энергетики.....	71
<i>Маркин В.В., Корытченко Ю.В.</i> Основные проблемы в сфере очистки городских сточных вод Донецкой Народной Республики и пути их решения	74
<i>Намаконов Б.В.</i> Техническая политика массовой реновации изношенных изделий как экологический фактор устойчивого развития	77
<i>Рипная М.М., Сердюк А.И.</i> Повышение экологической безопасности переработки утильных свинцовых аккумуляторов	80
<i>Степура Д.В., Миргородская Ю.В.</i> Актуальность использования психоакустических параметров для оценки негативного влияния шума на человека	83
<i>Сытник Е.С.</i> Электромобили как инновационное решение экологических проблем автомобильного транспорта и его инфраструктуры	85
<i>Хазипова В.В., Кипря А.В., Мнускина Ю.В.</i> Мониторинг зеленых зон и территорий в городской экосистеме	88
<i>Шевченко Е.Н.</i> Основные аспекты расчета деформаций земной поверхности при затоплении массива горных пород	91
<i>Шестакин Н.С., Несова А.В.</i> Возможности анализа спутниковых данных для оценки экологических последствий военных действий и чрезвычайных ситуаций на территориях Донбасса и сопредельных регионов.....	94
<i>Шукуров М.М.</i> Разработка механического устройства для уборки городской территории	97

Теоретическая физика и нанотехнологии

<i>Абрамов В.С.</i> Активные нанобъекты и микробъекты в новых материалах с фрактальной структурой	100
<i>Безус Ю.А., Недёркин В.В., Федоров С.А., Румянцев В.В.</i> Экситоноподобные возбуждения в неидеальной 1D фотонной структуре – цепочке пор	103
<i>Беличко Д.Р., Волкова Г.К., Константинова Т.Е., Малецкий А.В.</i> Влияние внешних воздействий на структуру и свойства керамических материалов на основе диоксида циркония	106
<i>Буряк Е.В., Гаврилова А.С.</i> Проблемы открытий в области теоретической физики..	109
<i>Губарев А.А., Легенький Ю.А.</i> Напряженность магнитного поля, создаваемая прямоугольной доменной структурой	112
<i>Изотов А.И., Шалаев Р.В., Сироткин В.В.</i> Некоторые термоэлектрические свойства перехода “металл-углеродная пленка”.....	115
<i>Исмагилов Р.Г.</i> Одномерные фотонные кристаллы как узкополосные фильтры	118
<i>Константинова Т.Е.</i> Технология получения оксидных нано-порошков	121
<i>Кузнецов Д.В., Спиридонов Н.А., Омелянович С.С.</i> Определение спектра энергий активации при фазовом переходе сегнетоэлектрика $Pb(Zr,Ti)O_3$ из температурной зависимости проводимости	123

<i>Кузьмичев Ю.Б.</i> Учет разности масс нуклонов в ядре трития: приближение эффективной массы	127
<i>Левин К.Л., Хрипунов А.К., Рябоконт Д. В., Жуков В.А., Клименков Б.Д., Пцелко Н.С., Зверев С.Г., Романов Д.П.</i> Исследование влияния микросферических стеклянных добавок на стойкость полимерных пленок к электрическому пробую.....	130
<i>Маишков И.А.</i> Повышение энергоэффективности систем теплоснабжения применением твердотельных пористых тепловых аккумуляторов.....	132
<i>Метлов Л.С., Гордей М.М.</i> Метод теоретического построения температурной кривой отжига для двухкомпонентного сплава.....	135
<i>Мухин А.Б., Николаенко Ю.М., Кононенко В.В., Мезин Н.И.</i> Диаграмма направленности магнитных сенсоров на основе пленок железоиттриевого граната специальной формы.....	137
<i>Николаенко Ю.М., Гусев А.А., Бутько В.Г., Эфрос Н.Б.</i> Энергия формирования собственных дефектов в виде кислородных и металлических вакансий в тонких пленках легированных манганитов $La_{0,8}Sr_{0,2}MnO_{3+\delta}$	140
<i>Оморочков Д.Б., Евсикова Н.Ю.</i> Особенности осаждения металла на подложку SiO_2/Si с латентными треками	142
<i>Перов Н.И.</i> Определение «антигравитационной» постоянной «антигравитации» и установление её связи с постоянной Хаббла	146
<i>Полищук В.С., Алёхов Ю.А., Пересадаченко А.Н.</i> Зависимость магнитных свойств магнитно-абразивных порошков от размера зерна	149
<i>Полякова И.С.</i> Сила отталкивания между двумя телами	152
<i>Просвирина И.С.</i> Разработка алгоритма получения требуемой температуры поверхности окрашенной металлической конструкции	155
<i>Рыбалка А.Е., Гладилин О.А., Федоров С.А., Румянцев В.В.</i> Проявление квантово-размерного эффекта при распространении электромагнитных возбуждений в неидеальной 1D фотонной решетке нанопор.....	157
<i>Рябоконт Д.В., Левин К.Л., Исмагилов Р.Г., Захаров В.Ю.</i> Исследование влияния радиальных сил на отклонение космического летательного аппарата от круговой орбиты с целью выполнения маневра уклонения от метеороидной опасности.....	161
<i>Самойленко З.А., Ивахненко Н.Н., Пушенко Е.И., Сычева В.Я., Бадекин М.Ю., Лавренюк А.С.</i> Структурные особенности BSMO манганитов.....	164
<i>Сирюк Ю.А., Безус А.В., Капшуков Р.А., Кононенко В.В.</i> Магнитные биоклетки на поверхности доменной структуры пленок феррита-граната.....	167
<i>Тарасов Д.П., Ерченко Е.М.</i> Высокотемпературный фон внутреннего трения в наноккомпозитах $(Co_{45}Fe_{45}Zr_{10})_x(Al_2O_3)_{100-x}$	170
<i>Токий Н.В.</i> Поведение примеси углерода в (100) пластине анатаза	173
<i>Финохин В.И.</i> Энергия взаимодействия ДГ с уединенным дефектом	176
<i>Хачатурова Т.А., Бутько В.Г., Гусев А.А.</i> Параметры вероятности туннелирования в наноконтактах	178
<i>Христов А.В., Червинский Д.А., Шелест В.В.</i> Определение параметра Грюнайзена из основного термодинамического калибровочного соотношения.....	180
<i>Шемченко Е.И., Петренко А.Г., Милославский А.Г.</i> Влияние геометрических характеристик напылительного узла на характеристики углеродных нанотрубок в плёнках $CNx:EuYOZ$	183

Радиофизика и инфокоммуникационные технологии

<i>Алексейчик Л.В., Курушин А.А.</i> Возбуждение диэлектрического резонатора щелью в стенке прямоугольного волновода	186
<i>Альмахмуд М.Х., Богословский Е.А.</i> Особенности последовательной обработки информации в многосенсорных системах управления воздушным движением...	189
<i>Белоусова В.С., Погорелов А.А.</i> Пользовательская техническая компьютерная угроза и методы защиты от нее на основе обработки ненужных и закрытых запросов к базе данных.....	193
<i>Виноградова Н.В., Прибыльский А.В.</i> Развитие компетенций ERP специалистов в индустрии 4.0.....	195
<i>Глухов А.А., Решетняк Т.А., Ребенок Е.В.</i> Об использовании дифрагированных волн для прогноза расположения зон вероятного скопления метана.....	198
<i>Голубин А.В.</i> Анализ и обеспечение безопасности в распределенных системах хранения данных с использованием технологии блокчейн	201
<i>Данилов В.В., Бабичева М.В., Сыровацкий В.И.</i> Методика анализа уязвимостей в бинарном коде	204
<i>Камалова Н.С., Матвеев Н.Н., Евсикова Н.Ю., Лисицын В.И., Внукова С.В., Копёнкин К.Н.</i> Оценка влияния параметров сигнала на искажение после гармонического синтеза	206
<i>Курушин А.А.</i> Устойчивость работы транзисторного усилителя СВЧ в корпусе	209
<i>Малашенко В.В., Варюхин В.Н, Малашенко Т.И.</i> Неустойчивость пластической деформации состаренного сплава в условиях лазерного облучения	212
<i>Полуянович Н.К., Дубяго М.Н.</i> Мониторинг и прогнозирование процессов старения кабельных систем электроснабжения	215
<i>Щелко Н.С., Цыганов А.Б.</i> Использование полевых транзисторов для контроля поверхностного потенциала и других характеристик диэлектриков.....	218
<i>Щелко Н.С., Цыганов А.Б.</i> Использование электрического поля в датчиках мембранного типа	221
<i>Рушечников Я.И.</i> Решение задач автоматизированного радиомониторинга за счёт горизонтального масштабирования SDR систем	224
<i>Рушечников Я.И., Третьяков И.А., Данилов В.В.</i> Корреляционный анализ ПЭМИН устройств вычислительной техники в электрической сети	226
<i>Смирнова М.М., Цыренова Н.Б., Север Д.С., Дронин Я.С.</i> Антенная решетка на основе микрополосковых излучателей	229
<i>Тарасов Д.П., Ерченко Е.М.</i> О современных методах контроля качества материалов как средств анализа надежности технических устройств	231
<i>Третьяков И.А.</i> Выбор критерия подобия скрытых марковских моделей в АСНИ ..	233
<i>Третьяков И.А., Подлесный В.Ю., Тимченко В.И., Данилов В.В.</i> Аprobация автоматизированной системы непрерывного мониторинга объекта	236
<i>Холод П.В.</i> Задачи применения беспилотных летательных аппаратов для контроля дорожного движения	239

Компьютерные технологии

<i>Аверин Г.В., Звягинцева А.В.</i> Феноменологическая оценка интегрированной информации биологических объектов в шкале человеческого сознания.....	243
<i>Алексеев В.Д., Максименко И.И.</i> Искусственный интеллект в компьютерных играх: эволюция геймдизайна и взаимодействия	246

<i>Андрян И.В., Шацкий Д.Р.</i> Обзор изменений в GPT-4	249
<i>Андрян О.В., Беседин Б.В.</i> Обзор современных frontend фреймворков	251
<i>Андрян О.В., Махмудов С.М.</i> Перспективы развития аддитивных технологий.....	253
<i>Бодряга В.Е., Толстых В.К.</i> Использование сопряженных задач при идентификации теплофизических параметров.....	255
<i>Бондаренко В.И., Елисеев В.О.</i> Тонкая калибровка классификатора Random Forest в задачах предсказания успешности прохождения образовательных онлайн-курсов.....	258
<i>Бондаренко В.И., Федоров М.Д.</i> Применение нейронных сетей в современных задачах искусственного интеллекта	261
<i>Глухов А.А., Решетняк Т.А., Ребенок Е.В.</i> О программном комплексе обработки результатов микросейсмического мониторинга углепородных массивов	264
<i>Глухова Ж.Л.</i> Программное обеспечение для численного моделирования процессов диффузии водорода в металлах	267
<i>Голинковский Ю.А., Нестругина Е.С.</i> Система диагностики заболеваний на основе методов машинного обучения и интеллектуального анализа входных данных	270
<i>Дубиневич А.А., Анастас К.В.</i> Применение современных информационных технологий при диагностике и лечении психиатрических заболеваний	273
<i>Дубиневич А.А., Анастас К.В.</i> Современные информационные технологии при хирургических вмешательствах на мозг	276
<i>Евдачёва Е.Д.</i> Прогнозирование и детектирование трендов модной одежды на основе использования нейросетей с глубоким обучением.....	279
<i>Елфимов Н.В., Марков Д.Н., Ермилов В.В.</i> Генеративно-состязательные сети, как технология создания цифрового контента.....	282
<i>Ермоленко Т.В., Васильев Д.А.</i> Глубокое обучение для диагностирования заболеваний растений: современные подходы и перспективы развития.....	285
<i>Ермоленко Т.В., Кравченко А.А.</i> Нейросетевая колоризация черно-белых изображений.....	288
<i>Звягинцева А.В., Гучмазова Т.К.</i> Оценка распределений показателей, характеризующих чрезвычайные ситуации в регионах России.....	291
<i>Истратова Е.Е., Николин В.В.</i> Разработка программного обеспечения для контроля и управления доступом транспортных средств на основе распознавания автомобильных номеров	294
<i>Котенко В.Н., Дегтярева Д.А.</i> Использование инновационных технологий для повышения эффективности работы больницы	297
<i>Котенко В.Н., Лямцев О.А.</i> Разработка облачного хранилища средствами веб-фреймворка Laravel	300
<i>Котенко В.Н., Романенко А.А.</i> Web-приложение анализа состояния погоды на основе синоптических данных	303
<i>Котенко Ю.В., Криворучко К.А., Максименко И.И.</i> Разработка web-приложения «Клуб знакомств» с реализацией автоматического подбора подходящих профилей	306
<i>Котенко Ю.В., Романенко А.А.</i> Автоматизированная система ведения учета и контроля занятости аудиторного фонда кафедры компьютерных технологий.	309
<i>Кравцов А.С., Нестругина Е.С.</i> Рекомендательная система по выплате заработной платы для IT отделов на основе интеллектуального анализа данных.....	312

<i>Крыжевич А.А.</i> Мобильный контроль визуально скрытых процессов	315
<i>Ломонос Г.Т.</i> Реализация информационной системы обнаружения утечек газа	318
<i>Максименко И.И.</i> Представимость специальных систем фрагментами и контрфрагментами поведения	321
<i>Мартыненко А.М., Евченко А.А.</i> Использование компьютерных технологий как обязательный навык hard skills XXI века	324
<i>Мартыненко А.М., Павликов А.О.</i> Особенности разработки социальной сети «Golang»	327
<i>Мартыненко А.М., Теличук А.В.</i> Особенности разработки веб-ресурса для садоводческого товарищества	330
<i>Никитенко К.А.</i> Рекомендательная система выбора языка программирования в зависимости от текста технического задания	332
<i>Ниценко А.В., Шелепов В.Ю.</i> Об использовании данных национального корпуса русского языка для снятия падежной омонимии существительных при компьютерном анализе текста	335
<i>Павленко Б.В., Бондаренко В.И.</i> Использование модели YOLO в современных задачах распознавания в реальном времени на примере военной и космической отраслей	338
<i>Панюшкин А.Н., Панюшкин Н.Н., дХворых А.М., Полумиско А.А., Бирюкова И.П.</i> Моделирование дозы гамма-излучения для сплошной защиты в форме куба .	341
<i>Полоус А.Г.</i> Возможности обработки онтологий с помощью библиотеки dotNetRDF	344
<i>Приходченко Е.И., Рудак Л.В.</i> Использование машинного обучения в образовании	347
<i>Рыжков А.О., Нестругина Е.С.</i> Рекомендательная система поиска игровых приложений на основе интеллектуального анализа пользовательских данных	349
<i>Сальников И.С., Изосимова С.А., Пигуз В.Н., Ивашко К.С.</i> Исследование эффективного использования безмедикаментозных методов и средств интеллектуально-духовной терапии и прагматических особенностей искусственного эмоционального интеллекта для целей саморегуляции психоэмоциональных состояний личности	352
<i>Сушко Т.И., Кожемякин А.Е., Ильинский С.В.</i> Анализ работы системы питания отливки, посредством компьютерного моделирования	355
<i>Сушко Т.И., Кожемякин А.Е., Ильинский С.В.</i> Компьютерное моделирование как имитация процесса затвердевания деталей	357
<i>Сушко Т.И., Хухрянская Е.С., Кожемякин А.Е.</i> Программно-методический комплекс как элемент единой информационной среды кафедры физики военного вуза	360
<i>Трипольская В.С.</i> Демонстративно-обучающая программа с использованием дополненной реальности для школьной химии	363
<i>Трофимов В.В.</i> Система сейсмоакустического мониторинга состояния горного массива с использованием добычного комбайна в качестве источника сигнала..	366
<i>Финошин Н.В., Ломонос Г.Т., Лапа О.П., Хрипунов Р.А.</i> Автоматизация проведения экспериментальных исследований характеристик горизонтальной свободной затопленной и всплывающей струи	369
<i>Чинёнов В.Е.</i> Разработка приложения для распознавания компьютерных комплектующих на основе машинного зрения с автоматическим интернет-анализом характеристик и выдачей рекомендаций по апгрейду.....	372

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**ДОНЕЦКИЕ ЧТЕНИЯ 2023:
ОБРАЗОВАНИЕ, НАУКА, ИННОВАЦИИ,
КУЛЬТУРА И ВЫЗОВЫ СОВРЕМЕННОСТИ**

Материалы
VIII Международной научной конференции,
25–27 октября 2023 г.,
г. Донецк

**ТОМ 2
Физические, технические
и компьютерные науки**

под общей редакцией проф. *С.В. Беспаловой*

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:

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»,
ул. Университетская, 24, г. Донецк, 283001, ДНР, РФ.
E-mail: *science.prorector@donnu.ru*

Подписано в печать 16.10.2023 г.
Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Печать – цифровая. Усл.-печ. л. 22,3.
Тираж 100 экз. Заказ № 23окт17/2.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24.
Издательство ФГБОУ ВО «ДонГУ».
283001, г. Донецк, ул. Университетская, 22.
E-mail: *donnu.izdatelstvo@mail.ru*