

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Российский государственный
политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова**

Общество с ограниченной ответственностью «Лик»

**Общество с ограниченной ответственностью
«Малое инновационное предприятие
«Информационные и измерительные системы»**

**Общество с ограниченной ответственностью
«Центр инновационных технологий и
прикладных решений»**

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ, ТЕОРИЯ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ

19-я Международная молодежная научно-практическая конференция

*27-28 февраля 2018 года
г. Новочеркасск*

Новочеркасск
Лик
2018

УДК 004.03(082)
ББК 32.973.202я43
Ф 947



Конференция проведена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту № 18-38-10014

Организаторы конференции:

Министерство образования и науки РФ, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Общество с ограниченной ответственностью «Лик», Общество с ограниченной ответственностью «Малое инновационное предприятие «Информационные и измерительные системы», Общество с ограниченной ответственностью «Центр инновационных технологий и прикладных решений»

Программный комитет конференции:

Н.И. Горбатенко (РФ), профессор – председатель;
М.В. Ланкин (РФ), доцент – зам. председателя;
В.В. Гречихин (РФ), профессор;
Н.Д. Наракидзе (РФ), доцент;
Ю.Р. Кревченко (РФ), доцент;
М.К. Нгуен (СРВ), доцент;
Д.Л. Чан (СРВ), проректор GUST;
Н. Б. Зыонг (СРВ), директор ТНИИТ.

Организационный комитет конференции:

Г.К. Алексанян, канд. техн. наук, доцент;
Д.В. Шайхутдинов, канд. техн. наук, доцент;
И.С. Грушко, канд. техн. наук, доцент;
А.М. Ланкин ст. преподаватель;
А.И. Кучер, аспирант;
И.Д. Щербаков ассистент.

Ф 947 Фундаментальные основы, теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики: материалы 19-ой Междунар. молод. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 27-28 февр. 2018г. / Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: Лик, 2018. – 404 с.

Сборник содержит материалы, представленные на девятнадцатую Международную молодежную научно-практическую конференцию «Фундаментальные основы, теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики» и отражает современные тенденции в области исследования и проектирования контрольно-измерительной техники.

УДК 004.03(082)
ББК 32.973.202я43

© Авторы, 2018

ПЛЕНАРНАЯ СЕКЦИЯ

Горбатенко Н.И. (д.т.н), Ланкин А.М., Судьян С.В. Теоретические основы построения нового класса измерительных преобразователей магнитного поля	8
Ланкин М.В. (к.т.н.), Шепелева А.О., Стеценко И.А. Применение тензорной методологии при построении приборов контроля постоянных магнитов	9
Наракидзе Н.Д. (к.т.н.), Лебедь М.М., Федотенко М.И. Теоретические основы нового метода измерения напряженности магнитного поля	10
Кириевский Е.В. (д.т.н), Дубров В.И., Январев С.Г. Теоретические основы метода диагностики высоковольтных выключателей	21
Ланкин А.М., Тёнфер Х. (Dr.-Ing. habil.) Теоретические основы метода экспресс-контроля электротехнических параметров пропорциональных электромагнитов	22
Алатар А.И., Михайлов А.А. (д.т.н) Метрологический анализ алгоритмов восстановления динамических изображений	27
Брылева М.А. (к.ф.-м.н), Положенцев О.Е., Матвеев Р.В. Кокальная магнитная гипертермия наночастиц: фундаментальные основы, теория, методы и средства измерения	34
Трохимчук К.А. (к.т.н.) Методы и средства для исследования дисперсного состава пыли в воздушной среде при проведении земляных работ	39
Пустовой Д.О., Петушков М.Ю. (д.т.н.) Диагностика межвитковых замыканий асинхронного двигателя	43
Вареникова А.Ю., Чернов Н.Н. (д.т.н.) Математическое моделирование метода определения нелинейного параметра в биообъекте для целей визуализации	50
Тройченков И.Н., Ильченко А.В., Самойленко А.П., Кисель Н.Н. (к.т.н.) Фундаментальные и прикладные основы стресс-тестирования состояния радиоэлектронных систем авиакосмического назначения	53
Шайхутдинов Д.В. (к.т.н.) Мониторинг и диагностика мехатронных систем на базе средств имитационного моделирования	60

СЕКЦИЯ 1

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ, ТЕОРИЯ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ОБРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Наракидзе Н.Д., Заика А.А., Тихонов А.А. Метод испытания изделий из ферромагнитных материалов	77
Гречихин В.В., Ланкина М.Ю., Володин А.В. Новый метод испытания изделий из магнитных материалов	81
Тимченко В.С. Обоснование строительства «Центра сервисного обслуживания вагонов» на основе имитационного моделирования	81
Алатар А.И., Михайлов А.А. Формирование алгоритмов восстановления динамических изображений	87
Акулов М.С., Бондаренко В.Д., Леухин В.И., Январёв С.Г. Применение системного подхода при структурном синтезе измерителей скорости объектов	99
Клишина Ю.С., Мохов В.А., Наугольников О.А. Классификация и назначение метрик для оценки параметров онтологических моделей	102
Николаева С.М. Программный алгоритм копирования HTML-страниц в файл	108
Алгасали С.М.М., Кузнецова А.В. Кластеризация неэффективных SQL-запросов	111
Кубил В.Н. Анализ влияния целевых функций на решение многокритериальной задачи маршрутизации транспорта	117
Белюсов Р.Г. Разработка алгоритма авторизации граждан с применением генерации QR кодов	124
Симоненко Н.И., Цыбрий И.К. Испытательный стенд для измерения магнитных характеристик твердых сплавов	127

Коньшин А.А., Ильина М.В., Ильин О.И., Федотов А.А. Исследование влияния радиуса зонда на измерение силы адгезии углеродных нанотрубок методом атомно-силовой микроскопии	131
Сарайкин М.А., Борисов А.П. Реализация аппаратно-программного комплекса биометрической защиты на основе распознавания лиц с применением мобильного приложения	137
Кочетов Ю.В., Макаров В.В. Цифровая фильтрация в оптической рефлектометрии	140
Оганян Р.Г., Шайхутдинов Д.В. Сравнительный анализ измерительных трансформаторов для реализации технологии “цифровая подстанция”	145
Гречихин В.В., Кудря А.В., Кудря Н.А. Сенсорные свойства ферромагнитных материалов с памятью формы в системах позиционирования	152
Легкопудов Н.С. Исследование и разработка газочувствительного прибора на основе лазерного диода	157
Комиссаренко И.А., Белов А.Н. Метод дифференциальной регистрации и обработки поляризационно-оптических изображений доменной структуры	160
Сагутдинов А.Р., Волостнов М.В. Программно-аппаратный комплекс дистанционного мониторинга и управления микроклиматом с использованием сети 3g для передачи информации	162
Урунов С.Р., Романов П.В., Лемешко М.А. Стенд для исследования технического состояния малых холодильных машин	163
Урунов С.Р., Лемешко М.А. Метод диагностики компрессионной холодильной машины	167

СЕКЦИЯ 2

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ, ТЕОРИЯ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ланкин М.В., Шепелева А.О., Стеценко И.А. Основы построения намагничивающих систем прямооточного типа	173
Стукалов Р.В., Черников Д.Ю., Тарбазанов К.В. Визуализация измерений качества радиопокрытия в зонах обслуживания абонентов широкополосного радиодоступа	174
Алджизязна В.К.М., Плотников Д.А. Особенности реализации протокола NTP для микропроцессорных систем с ограниченными вычислительными ресурсами	178
Лачин В.И., Соломенцев К.Ю., Демидов О.Ю., Анипко Э.А. Компенсация синусоидальной помехи при измерении сопротивления изоляции	183
Лачин В.И., Соломенцев К.Ю., Демидов О.Ю., Сурмач К.Г., Сурмач М.Г. Математические модели абсорбционных свойств диэлектриков	186
Горбатенко Н.И., Ланкина М.Ю., Володин А.В. Основы теории ферромодуляционных измерительных преобразователей напряженности магнитного поля с импульсной компенсацией	190
Кучер А.И., Ланкин И.М., Сурняев В.А., Сурняев Д.А. Измерение магнитных параметров тороидальных образцов	191
Савёлов Н.С., Лебедев И.С., Гречаный С.А. Эффективное формирование символьных и частично символьных функций электрических цепей	194
Волощенко А.П., Солдатов Г.В. Диагностика технического состояния подводной части транспортных сооружений	200
Анзина А.В., Анзин И.В. Анализ областей применения блокчейна	206
Анзина А.В., Анзин И.В. Анализ платежных систем для проведения интернетоплаты	209
Игнатьев В.В., Пушкина А.А., Соловьев В.В. Анализ методов оценки натяжения пластичных материалов	211
Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П., Карпук А.Н. Символьный анализ электростатического управления фазой сигнала в волновом нелинейном элементе	217
Пироженко А.А., Панфилов А.Н. Построение интерактивной виртуальной фотостудии на платформе HTML5 и CSS3	222

<i>Медведева Е.И.</i> Создание виртуальных стендов электропривода в пакете labview для исследования его характеристик	225
<i>Парфеленко А. А., Сукиязов А.Г.</i> Стенд диагностики механической части слаботорочных электромагнитных реле	228
<i>Ломакин А.С., Сукиязов А.Г.</i> Неразрушающая диагностика маломощного трансформаторно-выпрямительного блока по форме тока первичной обмотки	231
<i>Номерчук А.Я., Голочалов Н.А., Семенов Ю.Н.</i> Разработка метода управления автономной посадки вертолета на судно	236
<i>Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П., Карпук А.Н.</i> Диагностика нелинейных электрических процессов в вентиле И- НЕ гига- и терагерцового диапазонов	237
<i>Скороход Д.С.</i> К вопросу оценки степени зашумленности канала передачи данных по результатам декодирования jprwl	243
<i>Величко А.В.</i> Опыт внедрения инструмента бережливого производства (метода 5S) в процесс разработки и изготовления автоматизированных систем нефтегазового профиля	248

СЕКЦИЯ 3

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ, ТЕОРИЯ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ В МЕДИЦИНЕ И БИОЛОГИИ

<i>Калий А.А., Григорьян А.Л., Акопян М.С., Григорьян Л.Р.</i> Аналитические приборы обеспечения экологической безопасности жизнедеятельности человека	249
<i>Леднев И.А., Супрунов В.В.</i> Анализ данных острого лейкоза в системе mathcad	257
<i>Дубин П.Г., Супрунов В.В.</i> Использование фрактального анализа для исследования крови онкологических больных	261
<i>Номерчук А.Я., Семенов Ю.Н., Шавартев О.А.</i> Использование пространственно-временного представления человека на основе трехмерных скелетных данных для задач наблюдения за пациентами	266
<i>Боднар В.А., Новикова Ю.И.</i> Модуль процессора системы контроля глубины наркоза	267
<i>Волостнов М.В., Сагутдинов А.Р., Ефимова Ю.В.</i> Разработка автоматизированной системы предрейсовых медицинских осмотров	268
<i>Яскевич Д.В., Логинов А.В., Ермаков Д.Г.</i> Изучение биомеханики как важный компонент подготовки будущего инженера	268
<i>Ланкина Ю.К., Щербаков И.Д., Павличенко С.С., Жжонов В.А.</i> Применение средств компьютерного моделирования для задач электроимпедансной томографии	271
<i>Нгуен М.К., Алексанян Г.К., Щербаков И.Д.</i> Оценка погрешности получения измерительной информации в системах электроимпедансной томографии	274
<i>Сулыз А.В., Кучер А.И., Поликарпов А.В., Бадашев В.В.</i> Применение форматов обмена данных для хранения математических моделей объектов исследований в задачах электроимпедансной томографии	275
<i>Тетелев М.В., Щербаков И.Д., Моталов А.И., Токин И.О.</i> Экспериментальные исследования компьютерной модели биологического объекта для задач электроимпедансной томографии	277
<i>Чан Н.Ф., Алексанян Г.К., Щербаков И.Д.</i> Принципы определения геометрических размеров объектов на томографическом изображении	280
<i>Щербаков И.Д.</i> Метод определения линейных размеров неоднородности в задачах электроимпедансной томографии	282

СЕКЦИЯ 4

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ, КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ

<i>Кириевский Е.В., Семенов Д.В., Борисов И.И.</i> Основы построения систем диагностики высоковольтных выключателей	285
<i>Забродин А.Н., Войцеховский В.Н., Черников Д.Ю.</i> Особенности измерения параметров мультисервисной сети связи на основе технологии wi-fi	287

Ланкина М.Ю., Гречихин В.В., Волкова О.С., Ланкин М.В. Разработка устройства определения магнитных характеристик изделий из электротехнической стали	292
Будко А.Ю., Янушко Е.В., Шахбанов Р.А. Разработка динамической модели адаптера датчика давления для измерения давления сгорания топлива в двигателях с принудительным зажиганием	294
Комаров А.А., Белов А.Н. Доменная структура и термомагнитный анализ функциональных ферромагнитных сплавов гейслера с эффектом памяти формы	300
Мещерин М.В., Попов М.А., Черников Д.Ю. Диагностика и контроль работоспособности бесконтактных смарт-карт в распределенных системах	302
Секция 5	
Диагностика состояния и перспективы развития предприятий, отраслей, комплексов	
Воронов А.С., Сыксин В.В., Щербаков В.А. Измерение степени необходимости развития мелиорации территорий	308
Журба А.К., Продан Е.А. Применение механизма анализа данных и прогнозирования для магазина автозапчастей	312
Евсин В.А., Продан Е.А., Евсина В.А. Аспекты проектирования информационной системы по аренде недвижимости с использованием технологии распределенных реестров	318
Жилкина Ю.В. Вертикально-интегрированные компании: процесс реструктуризации и его воздействие на региональное экономическое пространство	323
Перекрыстова Т.И. Составление психологического портрета пользователя по содержанию его страницы в социальной сети Вконтакте	332
Коваленко А.О., Ковалевский В.Н. Построение логической схемы процесса управления заказами ООО ПК «НЭВЗ»	336
Халимов В.А., Ковалевский В.Н. Моделирование информационной системы абонентского отдела типового предприятия водоснабжения	341
Романенко В.Е., Мохов В.А., Шумилов А.К., Яркин Е.К. Диагностика состояния и перспективы развития мультимодальных транспортных систем с помощью онтологических моделей	347
Волков В.В., Панфилов А.Н. О методах агрегации геолокационных данных поверхностных водных объектов	355
Микоян Л.В., Чучилова Е.С. Разработка рекламной кампании	358
Лещенко К.А. Разработка рекламной кампании фитнес-клуба	362
Лиманова Е.А., Кольчугина Ю.Л., Чеботарева А.Г., Кобец Е.А. Уровень жизни в России	366
Жадяев А.А., Захаров Д.А. Сравнение физико-механических свойств импортных вольфрамокобальтовых порошковых смесей, применяемых в производстве твердосплавных изделий	366
Дорошко А.А., Пилипенко Е.С. Разработка рекламной кампании предприятия быстрого питания	367
Серигов О.Н. О варианте проектирования информационно-аналитической системы с применением прогнозирования временных рядов	370
Гринченков Д.В., Нгуен Фук Хау, Нгуен Тхи Тху Сравнительный анализ методов оценки качества оказанных образовательных услуг	376
Гринченков Д.В., Миргородский А.И. Особенности применения когнитивного моделирования для решения задач управления контингентом вуза	382
Гринченков Д.В., Миргородский А.И. Сравнительный анализ программных продуктов, используемых для управления контингентом вуза	383
Гринченков Д.В., Харламов Д.В. Сравнительный анализ систем прототипирования роботов	384
Гринченков Д.В., Нгуен Тхи Тху, Нгуен Фук Хау Системный анализ взаимосвязи критериев используемых для оценки качества научных проектов	387

Логинов А.В., Яскевич Д.В., Караванский А.Н., Поволоцкий Я.А. Анализ рисков развития беспилотников	389
Звягинцева Ю.С., Кобец Е.А. Инновационная политика в области организации труда как фактор развития предприятий	392
Иваненко Т.А., Косолапова А.А., Штыб О.Ю. Особенности управления и развития портово-промышленных комплексов за рубежом	392
Нараевский О.А., Евсин В.А. Формализованный анализ функциональной полноты платформ распределённых реестров	396

Пленарное заседание

УДК 621.318.122.001.41

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ НОВОГО КЛАССА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ *Н.И. Горбатенко¹, e-mail:gorbatenko@novoch.ru, А.М. Ланкин¹, С.В. Судиян².*

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Технический университет Ильменау (Германия)

Важнейшими элементами систем управления качеством изделий из ферромагнитных материалов являются устройства измерения и контроля магнитных свойств изделий. Основная проблема создания таких устройств, отвечающих современным требованиям, обусловлена тем, что готовые изделия из ферромагнитных материалов, а тем более их заготовки, являются весьма сложными объектами для измерений, поскольку их магнитные свойства нелинейно зависят не только от материала, но и от формы изделий, магнитных систем устройств, в которых они будут работать, режимов и условий их функционирования.

В работе приведены теоретические основы и принципы построения первичных измерительных преобразователей, позволяющих измерять магнитные величины внутри изделий, что позволяет получать достоверную измерительную информацию о их магнитных свойствах. Это позволило создать новое поколение технических средств измерения и контроля с улучшенными метрологическими характеристиками, позволяющих измерять и контролировать наиболее информативные магнитные характеристики и параметры изделий из ферромагнитных материалов в ходе технологического процесса их производства и приемосдаточных испытаний.

THEORETICAL FOUNDATIONS OF CONSTRUCTION OF A NEW CLASS MEASURING CONVERTERS OF MAGNETIC FIELD

N.I. Gorbatenko, A.M. Lankin, S.V. Sudiyan

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

Technische Universität Ilmenau

The most important elements of quality management systems for products made of ferromagnetic materials. The main problem is the creation of such devices that meet current requirements, due to the fact that finished products made of ferromagnetic materials, and especially their preforms, are very complex objects for measurements, since their magnetic properties are nonlinearly related not only from materials, but also on the shape of the products, the magnetic systems of the devices in which they will operate, the mode and the conditions for their operation.

The theoretical principles and principles of construction of primary measuring transducers allowing to measure the magnetic magnitudes inside the products are given in the work, which allows obtaining reliable measurement information about their magnetic properties. This allowed us to create a new generation of technical measuring and control devices with improved metrological characteristics that allow us to measure and control the most informative magnetic characteristics and parameters of products from ferromagnetic materials during the technological process of their production and acceptance testing.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕНЗОРНОЙ МЕТОДОЛОГИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ
ПРИБОРОВ КОНТРОЛЯ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ**

М.В. Ланкин, e-mail:delete@novoch.ru, А.О. Шепелева, И.А. Стеценко

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Повышение качества ПМ – актуальная научно-техническая проблема, одним из путей решения которой является создание автоматизированных систем управления качеством, способных осуществлять контроль и прогнозирование наиболее информативных магнитных характеристик и параметров изделий с постоянными магнитами и их заготовок на различных этапах технологического процесса с целью получения достоверной информации для эффективного управления производством.

В данной статье представлены теоретические основы применения тензорной методологии построения моделей изменения магнитных состояний постоянных магнитов. Дано описание, разработанных методов нахождения параметров матрицы преобразования проекций тензора магнитных свойств. Они базируются на методах размагничивающего фактора, ортогонализации базисных функций и экспериментально-модельном. Приведены результаты исследования погрешности преобразования проекций тензора магнитных свойств.

TENSOR METHODOLOGY FOR CONSTRUCTION OF INSTRUMENTS FOR CONTROL OF CONSTANT MAGNETS

M.V.Lankin, A.O. Shepeleva, I.A. Stetsenko

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

Improving the quality of PM is an actual scientific and technical problem, one of the ways to solve it is the creation of automated quality management systems capable of monitoring and forecasting the most informative magnetic characteristics and parameters of products with permanent magnets and their blanks at various stages of the technological process in order to obtain reliable information for effective production management.

This article presents the theoretical foundations of the application of the tensor methodology for constructing models for the variation of the magnetic states of permanent magnets. A description is given of the methods developed for finding the parameters of the transformation matrix of the projections of the tensor of magnetic properties. They are based on methods of demagnetizing factor, orthogonalization of basis functions and experimental-model. The results of studying the error in the transformation of the projections of the tensor of magnetic properties are presented

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НОВОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Н.Д. Наракидзе, e-mail: ndaz@mail.ru, М.М. Лебедь, М.И. Федотенко

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Построена и исследована математическая модель топографии магнитного поля в окрестностях изделий из ФММ при их испытаниях в полуразомкнутых магнитных системах. Проведенные исследования показали то, что изменение напряженности магнитного поля вдоль оси x от поверхности разных образцов из ФММ при их испытаниях в полуразомкнутых МС носит нелинейный характер, поэтому для расчета напряженности магнитного поля H_0 непосредственно на поверхности образцов из ФММ необходимо измерять значения напряженности в нескольких точках на определенных расстояниях x от поверхности образца, строить уравнения модели $H(x)$ для каждого типа образца из ФММ и находить искомые значения напряженности, соответствующие значению x , равному нулю. Предложена математическая модель распределения магнитного поля изделия из ФММ с использованием ортогональных полиномов Чебышева, которая значительно упрощает расчет напряженности магнитного поля H_0 на поверхности изделия из ФММ. Предложен метод измерения напряженности магнитного поля H_0 на поверхности изделий из ФММ и устройство на его основе (пат. № 2357265), суть которого заключается в том, что измеряется тангенциальная составляющая напряженности в двух точках пространства на заданном расстоянии от образца и градиент магнитного поля; полученные значения по предложенной формуле используются для расчета искомого значения напряженности магнитного поля, обеспечивающий погрешность измерения H_0 не более $\pm 3,5 \%$.

Ключевые слова: модель топографии магнитного поля, полуразомкнутая магнитная система, полиномы Чебышева, метод измерения напряженности магнитного поля.

THEORETICAL FOUNDATIONS OF A NEW METHOD OF MEASURING THE MAGNETIC FIELD STRESS

N.D.Narakidze, M.M. Lebed, M.I.Fedotenko

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

The mathematical model of topography of magnetic field in vicinities of products from FMM at their tests in the semi-opened magnetic systems is constructed and investigated. The conducted researches have shown that change of strength of magnetic field along x axis from surface of different samples from FMM at their tests in the semi-opened MS has nonlinear character therefore for calculation of strength of magnetic field of H_0 directly on surface of samples from FMM it is necessary to measure values of strength in several points at certain distances x from sample surface, to build the equations of model $H(x)$ for each type of sample of FMM and to find the required values of strength corresponding to the value x equal to zero. The mathematical distribution model of magnetic field of product from FMM with use of orthogonal polynoms of Chebyshev which considerably simplifies calculation of strength of magnetic field of H_0 on product surface from FMM is offered. The method of measurement of strength of magnetic field of H_0 on surface of products from FMM and the device on its basis (patent № 2357265) which essence is that the tangential component of strength is measured in two points of space at the set distance from sample and gradient of magnetic field; the received values on the offered formula are used for calculation of required value of strength of magnetic field, H_0 providing error of measurement no more than $\pm 3,5\%$.

Keywords: model of topography of magnetic field, the semi-opened magnetic system, Chebyshev's polynoms, method of measurement of strength of magnetic field.

В [1] с помощью нелинейного регрессионного анализа была получена модель топографии магнитного поля (МП) постоянного магнита при его испытании в полуразомкнутой магнитной системе (МС). Для разработки метода, позволяющего измерять напряженность МП поля на поверхности изделий из различных ферромагнит-

ных материалов (ФММ) при их испытаниях в полуразомкнутых МС, необходимо решить задачу построения математической модели изменения напряженности МП в окрестностях изделий из магнитомягких материалов (МММ), магнитотвердых материалов (МТМ) и высококоэрцитивных магнитотвердых материалов (МТМ).

Как отмечено в [2], такая математическая модель в случае неизменности зазора δ между полюсами намагничивающей системы (НС) и изделия из ФММ и его геометрических размеров λ (λ – параметр, характеризующий геометрические размеры изделия из ФММ; $\lambda = l/d_{max}$, где l – длина изделия из ФММ; d_{max} – максимальный размер поперечного сечения изделия из ФММ) имеет вид $H = f(x, I)$, где x – расстояние от испытуемого образца, I – ток НС.

Для построения модели топографии МП изделия из ФММ при помощи пакета *Femm 4.0* была рассчитана зависимость напряженности МП от тока НС и расстояния x от центра на поверхности изделия из ФММ при испытании образцов из МММ (сталь Э330) (рис.1–3) и МТМ (ЮН14ДК24) (рис.4–6) с размерами образцов $29 \times 15 \times 15$ мм и зазором между полюсами НС и изделия из ФММ 3 мм ($\lambda=2$; $\delta=3$; $\lambda/2\delta=0,33$).

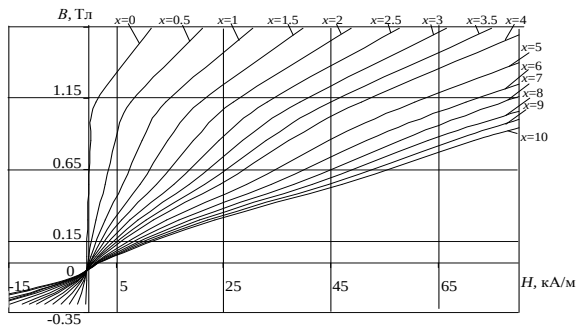


Рис.1 – Семейство КР образца из стали Э330 при различных значениях расстояния x (мм)

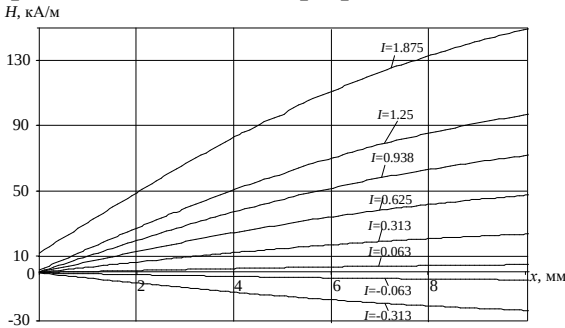


Рис.2 – Зависимость тангенциальной составляющей напряженности H_t образца из стали Э330 от расстояния x при различных значениях тока I

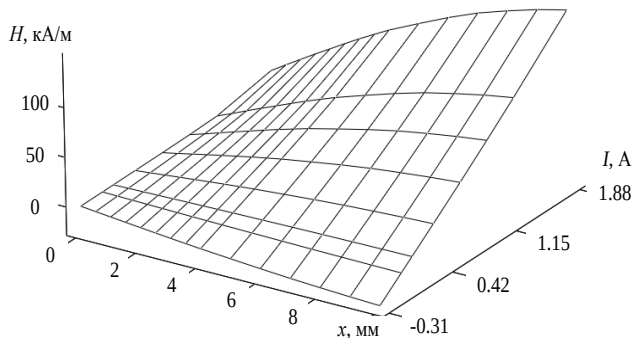


Рис.3 – Топография МП в окрестности образца из стали Э330

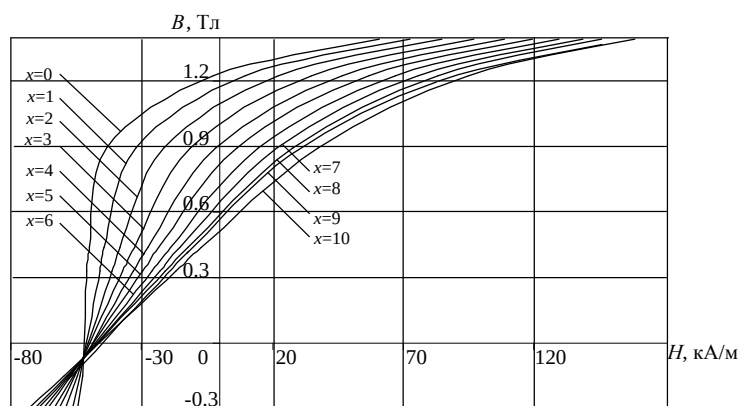


Рис.4 – Семейство КР образца из МТМ ЮН14ДК24 при различных значениях расстояниях x (мм)

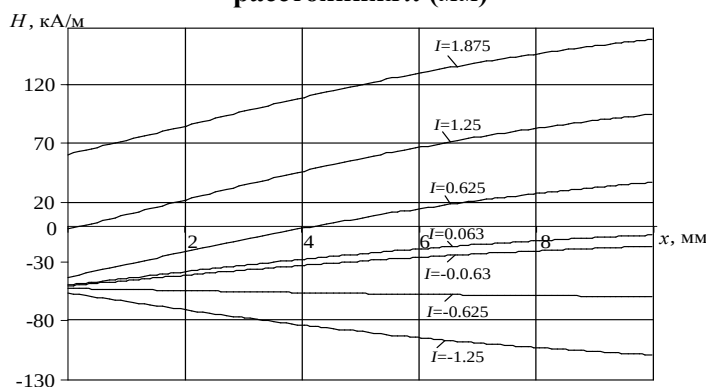


Рис.5 – Зависимость тангенциальной составляющей напряженности H_t образца из МТМ ЮН14ДК24 от расстояния x при различных значениях тока I (А)

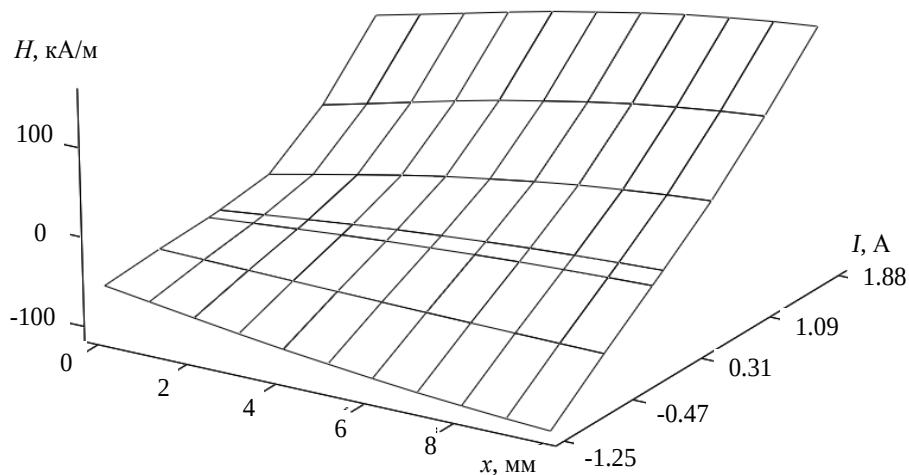


Рис.6 – Топография МП в окрестности образца из МТМ ЮН14ДК24

Кроме того, экспериментально исследована зависимость напряженности МП от тока НС в установке типа У5056 [3], расстояния x от центра на поверхности изделия из высококоэрцитивного МТМ (феррит 2БА с размерами $15 \times 12 \times 8$ мм) (рис.7–9) и зазором между полюсами НС и испытуемым образцом 1,9 мм ($\lambda=1,25$; $\delta=1,9$; $\lambda/2\delta=0,33$).

Зазор между изделием из ФММ и полюсом НС во всех трех случаях выбирался таким образом, чтобы обеспечить постоянство отношения $\lambda/2\delta=\text{const}$ для

возможности сопоставления полученных результатов измерения топографии МП изделий из ФММ.

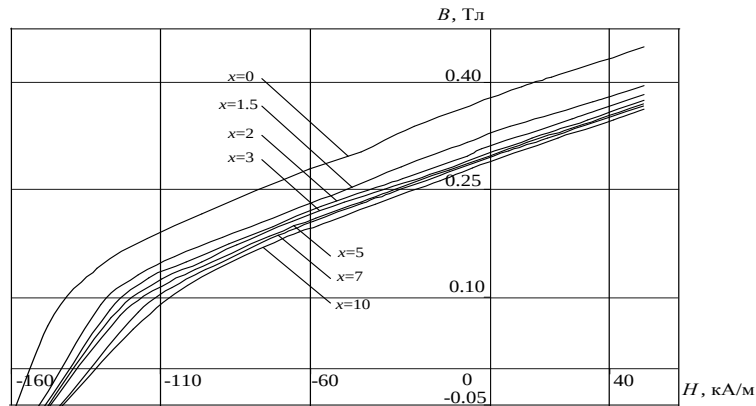


Рис.7 – Семейство КР образца из феррита 2БА при различных значениях расстояния x (мм)

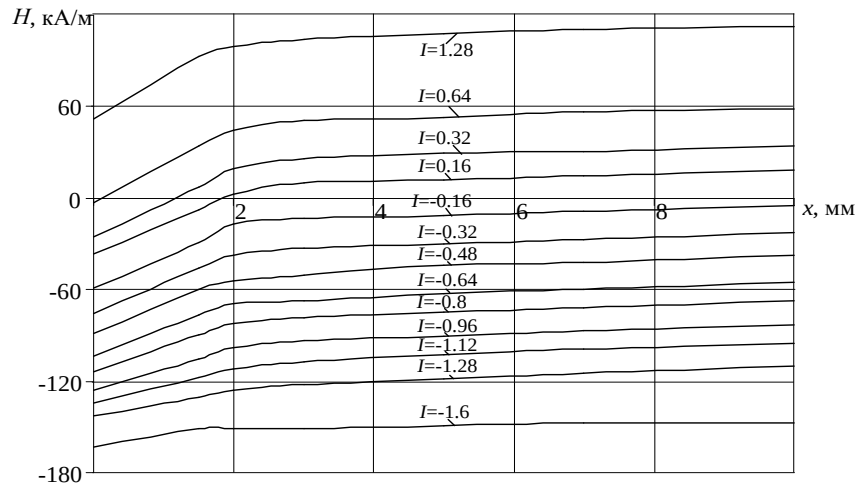


Рис.8 – Зависимость тангенциальной составляющей напряженности H_t образца из феррита 2БА от расстояния x при различных значениях тока I (А)

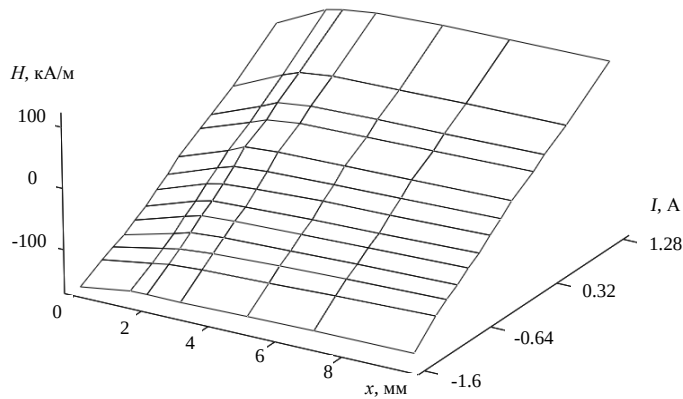


Рис.9 – Топография МП в окрестности образца из феррита 2БА

Для построения модели используем множественный регрессионный анализ (МРА). Задача МРА состоит в построении уравнения такой поверхности $\hat{H} = f(x, I)$ в трехмерном пространстве, которая располагается на минимальном расстоянии от результатов наблюдений H_i . Для определения этого расстояния воспользуемся выражением остаточной дисперсии $S^2_{\text{ост}}$. [4]:

$$S^2_{\text{ост}} = \frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \hat{H}_i)^2}{m \cdot n - p - 1},$$

где n – количество значений тока I , при которых измерялась напряженность МП H_i ; m – количество точек пространства, в которых измерялась напряженность МП; p – количество слагаемых в уравнении поверхности; $\hat{H}_i$ – расчетное значение напряженности МП, полученное из уравнения поверхности $\hat{H} = f(x, I)$.

Для определения коэффициентов уравнения регрессии b_i использовалось выражение в матричном виде [5]:

$$\mathbf{B} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{Y},$$

где $\mathbf{B}$ – вектор-столбец коэффициентов уравнения регрессии b_i ; $\mathbf{Y}$ – вектор-столбец результатов наблюдений H_i ; $\mathbf{X}$ – матрица факторов, причем для определения нулевого коэффициента регрессии в нее добавляется столбец единичных значений, т.е.

$$X = \begin{pmatrix} 1 & x_1 & I_1 \\ 1 & x_1 & I_2 \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_1 & I_n \\ 1 & x_2 & I_1 \\ 1 & x_2 & I_2 \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_2 & I_n \\ 1 & x_m & I_n \end{pmatrix},$$

X^T – транспонированная матрица X , $(X^T X)^{-1}$ – матрица, обратная $X^T X$.

В общем виде нелинейное уравнение регрессии можно представить как:

$$\hat{H} = b_0 + b_1 x + b_2 I + b_{12} xI + b_{11} x^2 + b_{22} I^2 + \dots + b_{jj} x^j + b_{jj} I^j + \dots$$

Обычно задачу решают за несколько шагов, путем повышения степени уравнения до тех пор, пока уменьшение остаточной дисперсии $S^2_{\text{ост}}$ остается значимым.

Проведенный эксперимент подтвердил, что изменение напряженности МП вдоль оси x от поверхности разных образцов из ФММ при их испытаниях в полуразомкнутых МС носит нелинейный характер. Поэтому можно сделать вывод, что для расчета напряженности МП H_0 непосредственно на поверхности образцов из ФММ необходимо измерять значения напряженности в нескольких точках на определенных расстояниях от образца, строить уравнения модели $H(x)$ для каждого типа (МММ, МТМ и высококоэрцитивные материалы) образца из ФММ и находить искомые значения напряженности, соответствующие значению x , равному нулю.

Рассмотрим математическую модель распределения МП на примере постоянного магнита (ПМ) [6]. Как отмечалось в [7], характер изменения напряженности МП H от расстояния x можно описать выражением вида:

$$H = b_0 + b_1 x + b_2 x^2 + \dots + b_n x^n, \quad (1)$$

Если представить вектор $\mathbf{B}$ в виде серии векторов $\mathbf{B}_0 = \begin{vmatrix} b_0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{vmatrix}$ и $\mathbf{B}_n = \begin{vmatrix} 0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{vmatrix}$, то

из (3) можно получить вектор $\mathbf{B}_0$, по следующей формуле:

$$\mathbf{B}_0 = (X'X)^{-1} X' \mathbf{H} - \mathbf{B}_n. \quad (4)$$

Для того, чтобы воспользоваться выражением (4), необходимо задаться степенью n , и, используя метод замены $X^n \rightarrow Z_n$, вычислить $\mathbf{B}_0$. Вычисления значительно упрощаются, если в матрице $(ZZ')^{-1}$ используются ортогональные полиномы (в этом случае матрица $(ZZ')^{-1}$ диагональная), например ортогональные полиномы Чебышева [4]. Перепишем выражение (1), используя ортогональные полиномы Чебышева:

$$H = \alpha_0 \psi_0(x) + \alpha_1 \psi_1(x) + \dots + \alpha_n \psi_n(x), \quad (5)$$

где $\psi_0(x_i) = 1$ – полином нулевого порядка; $\psi_1(x_i) = (x + \beta_1) \cdot \psi_0(x) + \gamma_1$ – полином первого порядка; $\psi_2(x_i) = (x + \beta_2) \cdot \psi_1(x) + \gamma_2$ – полином второго порядка;

$\psi_{n+1}(x) = (x + \beta_{n+1}) \cdot \psi_n(x) + \gamma_{n+1}$ – полином n -го порядка; $\beta_{n+1} = -\frac{\sum x_i [\psi_n(x_i)]^2}{\sum [\psi_n(x_i)]^2}$,

$\gamma_{n+1} = -\frac{\sum x_i \psi_{n-1}(x_i) \psi_n(x_i)}{\sum [\psi_{n-1}(x_i)]^2}$, $\alpha_i = \frac{\sum H_i \psi_n(x_i)}{\sum [\psi_n(x_i)]^2}$ – коэффициенты связи.

Преимущество выражения (5) перед (1) в том, что если требуется повысить степень аппроксимирующего полинома и добавить новый член $\alpha_{n+1} \psi_{n+1}(x)$ в уравнение (5), то ранее вычисленные коэффициенты $\alpha_0 \div \alpha_n$ не изменяются.

В [8] для определения напряженности МП на поверхности H_0 используются результаты измерения напряженности H_1 и H_2 в двух точках пространства x_1 и x_2 .

Сущность метода базируется на допущении о линейности изменения напряженности МП при удалении от образца (рис.10).

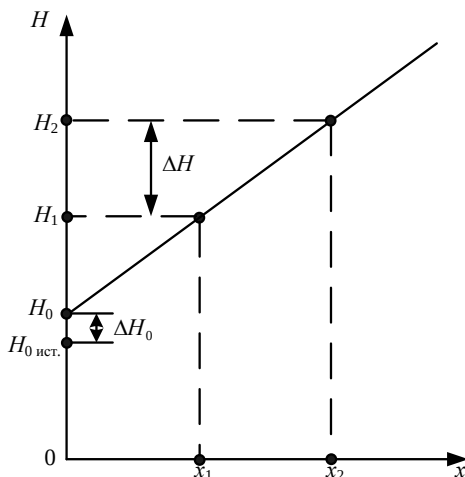


Рис.10 – Определения напряженности МП на поверхности ПМ при использовании линейной экстраполяции

Расчет напряженности МП на поверхности ПМ производится по формуле:

$$H_0 = \frac{H_2 \cdot x_1 - H_1 \cdot x_2}{x_1 - x_2}.$$

При $x_1 = x_2$:

$$H_0 = 2H_1 - H_2,$$

если $2x_1 = x_2$:

$$H_0 = 0,5(3H_1 - H_2).$$

Однако, как показано в [9], это допущение применимо для образцов, имеющих большое отношение длины к площади поперечного сечения λ , поэтому при использовании линейной экстраполяции возникает существенная погрешность ΔH_0 , которая увеличивается с уменьшением λ .

Проведены исследования возможности определения напряженности МП на поверхности ПМ путем измерения напряженности H в двух точках по формулам

$$H_0 = A_1 H_1 + A_2 H_2, \quad (6)$$

$$H_0 = A_1 H_1 + A_2 H_2 + A_3 \frac{dH}{dx}, \quad (7)$$

где dH/dx – производная, характеризует наклон характеристики $H(x)$, $A_1 \div A_3$ – коэффициенты, определяемые методом наименьших квадратов.

Перепишем уравнения (6) и (7) в общем виде:

$$H_0 = A \cdot H, \quad (8)$$

где $H_0 = \begin{bmatrix} H_0^1 \\ H_0^2 \\ \vdots \\ H_0^n \end{bmatrix}$ – вектор-столбец значений напряженности на поверхности ПМ,

$A = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \end{bmatrix}$ или $A = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{bmatrix}$ – вектор-столбец коэффициентов для выражения (6) или

(7) соответственно, $H = \begin{bmatrix} H_1^1 & H_2^1 \\ H_1^2 & H_2^2 \\ \dots & \dots \\ H_1^n & H_2^n \end{bmatrix}$ или $H = \begin{bmatrix} H_1^1 & H_2^1 & \frac{dH_1}{dx} \\ H_1^2 & H_2^2 & \frac{dH_1^2}{dx} \\ \dots & \dots & \dots \\ H_1^n & H_2^n & \frac{dH_1^n}{dx} \end{bmatrix}$ – матрица зна-

чений напряженностей для выражения (6) или (7) соответственно, n – число измерений.

Решение уравнения (8) относительно A в общем виде выглядит следующим образом:

$$A = (H^T H)^{-1} H^T H_0,$$

где H^T – транспонированная матрица H , $(H^T H)^{-1}$ – матрица, обратная $H^T H$.

Исследование погрешности выражений (6) и (7) произведено при помощи анализа экспериментальных данных из [1]. В табл.1 приведены значения напряженности МП H для различных расстояний x от ПМ.

Таблица 1

B, Тл	H, кА/м					dH/dx, кА/м ²
	x=0 мм	x=1 мм	x=2 мм	x=3 мм	x=5 мм	
1.3	21.73	35.98	50.20	58.30	70.90	-14.22
1.2	-9.64	5.50	20.65	29.58	42.20	-15.15
1.1	-28.22	-10.75	3.40	12.10	25.70	7.35
1.0	-38.14	-21.80	-9.44	-1.27	12.69	12.36
0.9	-43.20	-28.05	-16.81	-8.80	3.95	11.24
0.8	-46.12	-32.82	-22.70	-15.18	-3.70	10.12
0.7	-47.87	-36.68	-27.64	-21.41	-11.13	9.05
0.6	-48.83	-39.20	-31.25	-25.94	-17.05	7.95
0.5	-49.61	-41.50	-35.00	-30.22	-22.82	6.50
0.4	-50.33	-43.38	-37.94	-34.11	-27.78	5.45
0.3	-50.91	-45.40	-41.05	-38.20	-33.20	4.35
0.2	-51.43	-47.21	-43.90	-41.89	-38.01	3.31
0.1	-52.01	-49.09	-46.95	-45.72	-43.10	2.14
0.0	-52.53	-51.10	-49.87	-49.35	-48.10	1.23

Для формулы (6) при помощи пакета MATLAB по исходным данным табл.1 получены значения коэффициентов A_i : при $x_1=1$ мм и $x_2=2$ мм: $A_1 = 2,166$, $A_2 = -1,14$; $x_1=1$ мм и $x_2=3$ мм: $A_1 = 1,72$, $A_2 = -0,7$. Аналогично для уравнения (7) были получены коэффициенты A_i для $x_1=1$ мм и $x_2=2$ мм: $A_1 = 2,148$, $A_2 = -1,148$, $A_3 = -0,152$; $x_1=1$ мм и $x_2=3$ мм: $A_1 = 1,704$, $A_2 = -0,708$, $A_3 = -0,121$. В табл. 2 представлены результаты расчета напряженности на поверхности ПМ по формулам (6) и (7).

Таблица 2

Результаты расчетов														
B, Тл	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0
H ₀ , кА/м	21.73	-9.64	-28.22	-38.14	-43.20	-46.12	-47.87	-48.83	-49.61	-50.33	-50.91	-51.43	-52.0	-52.53
H ₁ , кА/м	20.7	-11.6	-27.2	-36.5	-41.6	-45.2	-48.0	-49.3	-50.0	-50.7	-51.5	-52.2	-52.8	-53.8
δ ₁ , %	4.7	20.6	3.8	4.4	3.7	2.0	0.2	0.9	0.8	0.8	1.2	1.5	1.5	2.5
H ₂ , кА/м	21.1	-11.2	-27.0	-36.6	-42.1	-45.8	-48.1	-49.3	-50.2	-50.7	-51.3	-51.9	-52.4	-53.4
δ ₂ , %	3.0	16.6	4.5	4.0	2.6	0.6	0.5	0.9	1.3	0.8	0.9	0.9	0.8	1.6
H ₃ , кА/м	21.8	-9.6	-28.1	-37.9	-42.7	-46.0	-48.5	-49.5	-50.0	-50.5	-51.0	-51.5	-51.9	-52.7
δ ₃ , %	0.4	0.5	0.4	0.7	1.2	0.3	1.2	1.4	0.7	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3
H ₄ , кА/м	21.8	-9.7	-27.8	-37.7	-42.9	-46.4	-48.4	-49.4	-50.1	-50.4	-50.8	-51.2	-51.5	-52.3
δ ₄ , %	0.1	1.0	1.6	1.0	0.6	0.6	1.2	1.2	1.0	0.2	0.1	0.5	0.9	0.5

В таблице 2 применены следующие обозначения:
 H_0 – напряженность МП ПМ, измеренная в замкнутой МС при $x_1=0$;

$H_1 \div H_2$ – напряженность МП, рассчитанная по формуле (6) для расстояний ($x_1=1$ мм, $x_2=2$ мм) и ($x_1=1$ мм, $x_2=3$ мм) до поверхности ПМ, соответственно;

$H_3 \div H_4$ – напряженность МП, рассчитанная по формуле (7) для расстояний ($x_1=1$ мм, $x_2=2$ мм) и ($x_1=1$ мм, $x_2=3$ мм) до поверхности ПМ, соответственно;

$\delta_1 \div \delta_4$ – относительная погрешность измерения.

Как видно из таблицы 2, лучшие результаты дают выражения H_3 ($\delta_3=1.4\%$), H_4 ($\delta_4=1.6\%$), и H_3 ($\delta_3=6\%$).

На основании предложенного метода измерения напряженности магнитного поля H_0 на поверхности изделий из ФММ было разработано устройство для испытания изделий из ферромагнитных материалов, структурная схема которого представлена на рис. 11 [10].

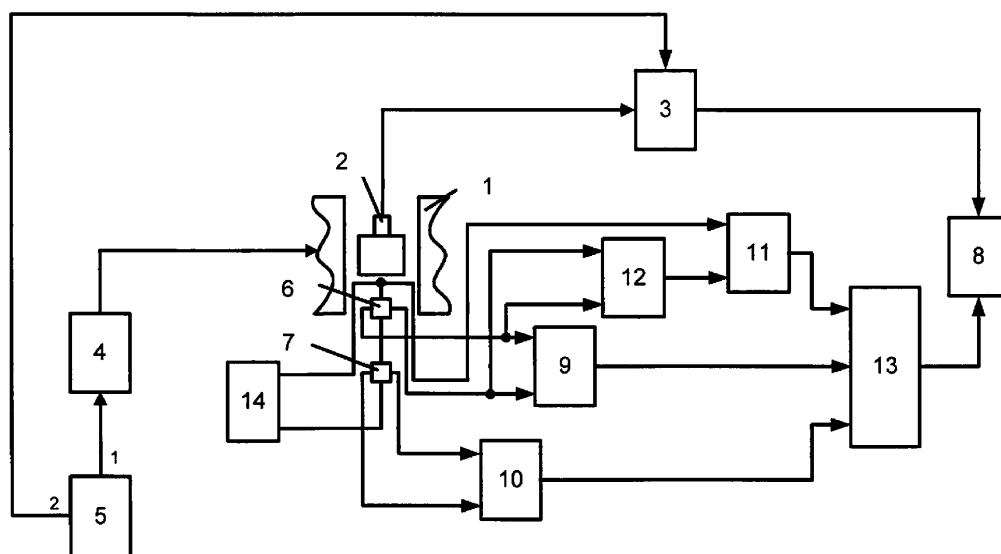


Рис. 11 – Структурная схема устройства для испытания изделий из ферромагнитных материалов

Устройство работает следующим образом. Образец, помещенный в рабочий зазор электромагнита 1, в момент времени t_1 начинает перемагничиваться ступенчато-изменяющимся полем. В момент времени t_2 блок управления 5 включает режим деления на два интегрирующего усилителя 3. В момент времени t_3 блок управления 5 выключает режим деления на два интегрирующего усилителя 3. Сигнал с выхода первичного преобразователя измерения индукции 2, пропорциональный скорости изменения индукции в образце, начиная с момента времени t_3 , поступает на вход интегрирующего усилителя 3. Далее сигнал с выхода интегрирующего усилителя 3 поступает на первый вход регистрирующего блока 8. Одновременно сигналы с холловских выводов первого 6 и второго 7 датчиков Холла, пропорциональные напряженности магнитного поля, поступают соответственно на входы первого 9 и второго 10 дифференциального усилителя. Кроме того, сигнал с холловских выводов первого датчика Холла 6 поступает на входы первого аналогового сумматора 12. Сигнал с первого токового вывода первого датчика Холла 6 поступает на первый вход третьего дифференциального усилителя 11, второй вход которого подключен к выходу первого аналогового сумматора 12. Таким образом, на

выходе третьего дифференциального усилителя 11 появляется сигнал, пропорциональный градиенту магнитного поля $\frac{dH}{dx}$ для первого датчика Холла

6. Далее сигналы H_1 , H_2 , H_3 , пропорциональные напряженности магнитного поля, с выхода первого 9, второго 10 и третьего 11 дифференциального усилителя, соответственно, поступают на второй, третий и первый входы второго аналогового сумматора 13, где они суммируются с определенными коэффициентами:

$$H_0 = A_1 H_1 + A_2 H_2 + A_3 \frac{dH}{dx},$$

где H_0 - сигнал, пропорциональный напряженности магнитного поля на поверхности испытуемого изделия, $A_1 \div A_3$ - коэффициенты, определяемые методом наименьших квадратов. Сигнал H_0 с выхода второго аналогового сумматора 13 подается на второй вход регистрирующего блока 8. С помощью регистрирующего блока 8 фиксируется статическая характеристика ферромагнитного материала.

Список цитируемой литературы

1. Пжилуский, А. А. Быстродействующие устройства контроля магнитных свойств постоянных магнитов для систем управления процессом их изготовления: дисс. канд. техн. наук. – Новочеркасск. – 2004. – 216 с.
2. Ланкин, М. В. Построение модели топографии магнитного поля в окрестностях постоянных магнитов при их испытаниях в полуразомкнутых магнитных системах / М. В. Ланкин, А. А. Пжилуский // Методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 23 янв. 2004 г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2004. – Ч. 3. – С. 4–11.
3. Горбатенко Н.И., Ланкин М.В., Саввин Д.Д., Кучеров В.А., Гречихин В.В., Хамизов Р.Р., Наракидзе Н.Д., Ляхов Л.И. Приборы и методы измерения и контроля магнитных свойств изделий // Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики 2006. С. 4–23.
4. Львовский, Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие для вузов / Е. Н. Львовский. – М.: Высш. шк., 1988. – 239 с.
5. Ланкин, М. В. Оптимизация параметров измерительного преобразователя напряженности магнитного поля / М. В. Ланкин, Н. Д. Наракидзе // Изв. вузов. Электромеханика. – 2008. – №2. – С. 32-35.
6. Наракидзе, Н. Д. Определение структуры математической модели распределения магнитного поля / Н. Д. Наракидзе, М. В. Ланкин // Изв. вузов Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2007. Спецвыпуск: Проблемы мехатроники – 2006. – С. 92-94.
7. Ланкин, М. В. Измерения напряженности магнитного поля на поверхности постоянных магнитов / М. В. Ланкин // Мир измерений. – 2005. – № 12. – С. 8–11.
8. Кифер, И. И. Испытания ферромагнитных материалов / И. И. Кифер. – М.: Энергия, 1969. – 360 с.
9. Антонов, В. Г. Средства измерений магнитных параметров / В. Г. Антонов, Л. М. Петров, А. П. Щелкин. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 216 с.
10. Пат. 2357265 Российская Федерация, МПК G 01 R 33/14. Устройство для испытания изделий из ферромагнитных материалов / Горбатенко Н. И., Ланкин М. В., Наракидзе Н. Д. [и др.]; заявитель и патентообладатель Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). – № 2007124697/28; заявл. 29.06.07; опубл. 27.05.09, Бюл. № 15. – 10 с.

© Н.Д. Наракидзе, М.М. Лебедь, М.И. Федотенко, 2018

УДК 621.318.122.001.41

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Е.В. Кириевский e-mail: *ekir99@mail.ru*, ***В.И. Дубров***, e-mail: *slava-dubrov@gmail.com*, ***С.Г. Январев***

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Разработан алгоритм диагностики высоковольтных выключателей по скоростным характеристикам, в отличие от известных, основанный на применении вейвлет анализа и нейронных сетей, обеспечивающий автоматическое определение состояния и выявление причин неисправности высоковольтных выключателей с уровнем достоверности 90 %. Предложен алгоритм выбора информативного диапазона из вейвлет-спектра скоростных характеристик высоковольтных выключателей, в отличие от известных основанный на обучении для каждого частотного диапазона вейвлет-спектра информационного сигнала нейронной сети и вычисления для каждой нейронной сети ее точности при обучении и при тестировании, обеспечивающий сокращение избыточности данных (до 4 раз) без потери уровня информативности и устранение переобучения нейронных сетей. Разработан двухэтапный метод диагностики высоковольтных выключателей, основанный на использовании на первом этапе статистических или нечетких моделей по временным параметрам высоковольтных выключателей, а на втором – нейронных сетей и вейвлет-анализа скоростных характеристик высоковольтных выключателей, обеспечивающий такие преимущества как быстрое определение состояния высоковольтного выключателя (время выполнения первого этапа с использованием статистической/нечеткой модели на платформе Microchip PIC24F составляет 0,2 секунды, а второго, на базе нейронных сетей - 22 минуты) и возможность определения причины неисправности.

THEORETICAL FOUNDATIONS OF THE METHOD OF DIAGNOSTICS HIGH-VOLTAGE SWITCHES

E.V. Kirievsky, V.I. Dubrov, S.G. Yanvarev

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

An algorithm for diagnosing high-voltage circuit breakers has been developed in terms of speed characteristics, unlike known ones, based on the use of wavelet analysis and neural networks, which provides automatic detection of the condition and identification of the causes of failure of high-voltage switches with a confidence level of 90%. An algorithm is proposed for selecting an informative range from the wavelet spectrum of the high-speed circuit speed characteristics of high-voltage switches, unlike known ones, based on training for each frequency range of the wavelet spectrum of the information signal of a neural network, and calculating its accuracy for each neural network during training and testing, (up to 4 times) without loss of informative level and elimination of retraining of neural networks. A two-stage method for diagnosing high-voltage circuit breakers based on the use of statistical or fuzzy models for time parameters of high-voltage circuit breakers was developed at the first stage, and on the second stage - neural networks and wavelet analysis of high-speed circuit breaker speed characteristics, providing such advantages as rapid determination state of the high-voltage switch (the time of the first stage with the use of a statistical / fuzzy model on the Microchip PIC24F platform is 0.2 seconds, and T on the basis of neural networks - 22 minutes) and the possibility of determining the cause of the malfunction.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ

А.М. Ланкин¹, Ханнес Тёнфер²

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Технический университет Ильменау (Германия)

Предложен эффективный метод экспресс-контроля электротехнических параметров, основанный на измерении и анализе динамической характеристики намагничивания пропорциональных электромагнитов путем комплексного использования методов снижения размерности измерительной информации, классификации и построения регрессионной модели на латентных структурах. Разработано специальное программное обеспечение для реализации метода экспресс-контроля электротехнических параметров пропорциональных электромагнитов в среде LabView, что существенно повышает надежность и расширяет функциональные возможности устройства. Разработанный метод позволяет с высоким быстродействием и малыми аппаратными затратами получать достоверную информацию о нарушениях технологического процесса для управления им. Погрешность определения электротехнических параметров деталей пропорциональных электромагнитов не превышает 5 %.

Ключевые слова: электромагниты, электротехнические параметры, экспресс-контроль, динамическая характеристика намагничивания.

THEORETICAL BASES OF THE METHOD OF EXPRESS CONTROL OF ELECTROTECHNICAL PARAMETERS OF PROPORTIONAL ELECTROMAGNETS

A.M. Lankin¹, H. Töpfer²

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

Technical University of Ilmenau (Germany)

An effective method for express control of electrical parameters based on measuring and analyzing the dynamic characteristic of the magnetization of proportional electromagnets is proposed by using complex methods of reducing the dimensionality of measurement information, classifying and constructing a regression model on latent structures. A special software has been developed to implement the method of express control of electrotechnical parameters of proportional electromagnets in the LabView environment, which significantly improves reliability and extends the functionality of the device. The developed method makes it possible to obtain reliable information about technological process violations for controlling it with high speed and low hardware costs. The error in determining the electrotechnical parameters of parts of proportional electromagnets does not exceed 5%.

Keywords: electromagnets, electrotechnical parameters, express control, dynamical characteristics of magnetization.

Современные гидравлические приводы – сложные мехатронные устройства на базе гидравлических исполнительных механизмов, пропорциональных электромагнитов (ПЭ) и электронных систем управления, причем, именно параметры ПЭ определяют точность и быстродействие привода в целом.

Возрастающие требования к точности, быстродействию, миниатюризации и энергоэффективности ПЭ требуют постоянного совершенствования технологического процесса производства. Перспективным направлением обеспечения высокого уровня выхода кондиционных изделий является создание систем управления процессом производства на базе устройств экспресс-контроля, позволяющих на ранних стадиях выявлять тенденции нарушений технологического процесса изготовления не только всего изделия, но и составляющих его деталей.

ГОСТ 19264-82 определяет анализируемые при приемо-сдаточных испытаниях

характеристики электромагнитов управления, к которым относятся и ПЭ, однако данные характеристики не являются достаточно информативными для управления технологическим процессом, и их определение в процессе производства трудоемко. Нарушение режимов технологического процесса наиболее явно проявляется в изменении значений электротехнических параметров деталей ПЭ. Известные методы определения таких параметров требуют применения специальных сенсоров, поэтому не могут быть реализованы при испытаниях готовых изделий. Необходим новый подход к получению измерительной информации о нарушении технологического процесса производства ПЭ, позволяющий свести к минимуму объем натурных испытаний и использовать современные возможности моделирования и обработки информации.

Таким образом, актуальной проблемой является повышение эффективности систем управления производством ПЭ, решение которой достигается путем разработки метода и устройства экспресс-контроля электротехнических параметров, позволяющих оперативно получать измерительную информацию, необходимую и достаточную для своевременного принятия решения о корректировке технологических операций процесса производства ПЭ.

Работы по данной тематике ведутся российскими и зарубежными учеными. В работах таких авторов как Гордон А.В., Сливинская А.Г., Ковалев О.Ф. показана связь большинства характеристик электромагнитов с динамической характеристикой намагничивания (ДХН). В работах зарубежных авторов Е. Kallenbach, М. Ruderman показано как влияют различные отклонения электротехнических параметров ПЭ на форму ДХН. В работах авторов Горбатенко Н.И., Гречихин В.В. разработан и исследован метод натурно-модельных испытаний применительно к задаче определения магнитных характеристик ферромагнитных материалов. Динамическая характеристика намагничивания может быть получена путем использования в качестве первичного измерительного преобразователя рабочей обмотки ПЭ. Предлагается проводить экспресс-контроль ПЭ по электротехническим параметрам, полученным в результате анализа ДХН.

Разработан метод контроля [1], включающий в себя пять основных этапов. На первом этапе измеряется ДХН ПЭ [2, 3]. В связи с тем, что эта характеристика имеет сложный гистерезисный вид, на втором этапе снижается размерность анализируемой информации с помощью метода главных компонент (МГК) [4, 5, 6]. На третьем этапе производится классификация измеренных характеристик для выделения изделий, несущих информацию об устойчивых отклонениях ТП производства ПЭ. На четвертом этапе определяются численные значения электротехнических параметров составных частей ПЭ при помощи построения регрессионной модели на главных компонентах (ГК). На завершающем пятом этапе производится анализ изменения значений электротехнических параметров в соответствии с правилами построения карт Шухарта и определяются признаки их особой изменчивости, позволяющие выявлять устойчивые отклонения ТП.

Для снижения размерности анализируемой информации применен проекционный подход на основе МГК, который состоит в переходе от исходных переменных к новым величинам, которые представляют собой линейные комбинации исходных переменных, имеющих максимально возможные дисперсии.

Рассмотрено применение МГК к группе, содержащей k ДХН пропорциональных электромагнитов. На каждой исходной ДХН выбрано n фиксированных значений магнитного потокосцепления $\Psi_d = d \cdot \Delta\Psi$:

$$\Delta\Psi = \Psi_{\max}/n ,$$

где $\Psi_{\max}$ – максимально возможное значение потокосцепления для всех исследуемых характеристик, n – выбранное количество фиксированных значений потокосцепления, d – номер точки.

Определены значения токов $i_j(\Psi_d)$, которые и являются элементами вектор-столбцов матрицы **I** размерности $n \times k$, где k число исследуемых кривых:

$$\mathbf{I} = \begin{bmatrix} i_1(\Psi_1) & i_2(\Psi_1) & \dots & i_j(\Psi_1) & \dots & i_k(\Psi_1) \\ i_1(\Psi_2) & i_2(\Psi_2) & \dots & i_j(\Psi_2) & \dots & i_k(\Psi_2) \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ i_1(\Psi_d) & i_2(\Psi_d) & \dots & i_j(\Psi_d) & \dots & i_k(\Psi_d) \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ i_1(\Psi_n) & i_2(\Psi_n) & \dots & i_j(\Psi_n) & \dots & i_k(\Psi_n) \end{bmatrix}.$$

Связь между исходной матрицей **I** и матрицей ГК **Z** имеет вид:

$$\mathbf{Z} = \mathbf{B}^T \cdot \mathbf{I},$$

где **B** – матрица собственных векторов; T – операция транспонирования матрицы.

Процедура проецирования заключается в нахождении наибольших дисперсий каждой ГК. Для этого находим матрицу дисперсий **D** матрицы **Z**:

$$\mathbf{D}(\mathbf{Z}) = \mathbf{B}^T \cdot \mathbf{D}(\mathbf{I}) \cdot \mathbf{B}.$$

Учитывая, что дисперсия n случайных величин является их ковариацией, предыдущее выражение можно записать в следующем виде:

$$\mathbf{D}(\mathbf{Z}) = \mathbf{B}^T \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{B}.$$

Для нахождения ковариаций S рассчитан вектор выборочных средних по строкам $\bar{I}_d$, а отклонения от среднего для каждого наблюдения сведены в матрицу **F**, элементы которой сформированы следующим образом:

$$f_{dj} = I_j(\Psi_j) - \bar{I}_d, \quad \text{где } d=1 \div n, j=1 \div k.$$

Тогда оценка ковариации S равна:

$$S = \frac{\mathbf{F} \cdot \mathbf{F}^T}{k - 1}.$$

Для определения значимости той или иной ГК определено их участие в общей дисперсии и выбраны только $(n-l)$ ГК, общая дисперсия которых более 0,95. В результате преобразований матрица **Z** принимает следующий вид:

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{21} & \dots & z_{k1} \\ z_{12} & z_{22} & \dots & z_{k2} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ z_{1n-l} & z_{2n-l} & \dots & z_{kn-l} \end{bmatrix},$$

где l – количество незначимых главных компонент.

Размерность матрицы **Z** значительно меньше размерности исходной матрицы **I**, обычно $(n-l) = 1 \div 3$. Таким образом получаем новое пространство ГК, каждая точка которого представляет собой проекцию ДХН конкретного изделия.

На рис. 1 в качестве примера приведено семейство ДХН электромагнитов одной конструкции с различным числом короткозамкнутых витков и их проекции в пространстве ГК (ДХН1-ДХН5 без дефектов, ДХН6-ДХН9 с дефектами).

На третьем этапе производим классификацию выпускаемых изделий на изделия без отклонений и изделия с отклонениями параметров, так как изделия без

отклонений не несут информации о нарушениях ТП. Для этого применим к ДХН, проецированным в пространство ГК, метод классификации – формальное независимое моделирование аналогий классов (ФНМАК).

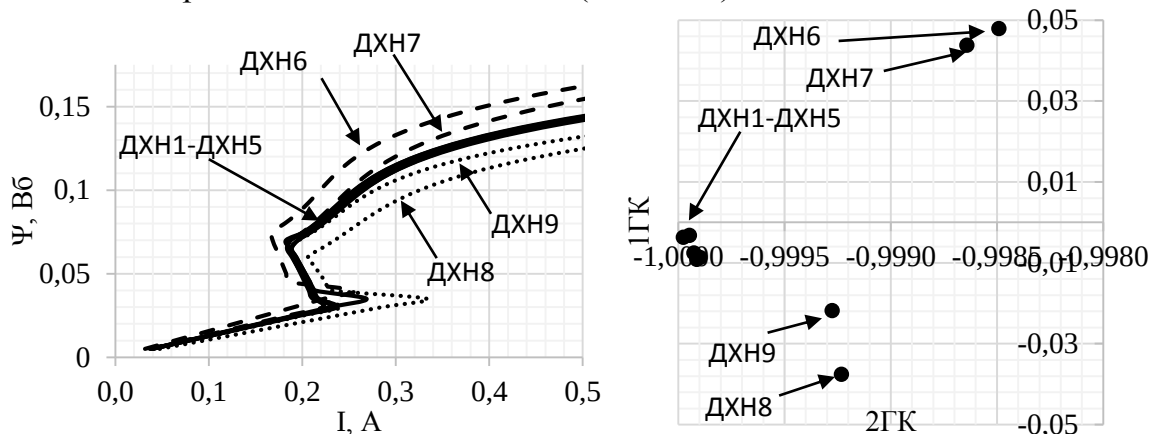


Рис. 1 - Семейство ДХН и их проекции в пространстве ГК

При реализации метода классификации используют параметры: размах h и отклонение v , которые для матрицы $\mathbf{Z}$ вычисляют по формулам:

$$h = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{z_i}{\sqrt{\lambda_i}} \right)^2; \quad v = \frac{1}{l} \sum_{n-l+1}^n z_i^2,$$

где λ_i – собственные значения матрицы $\mathbf{Z}$; z_i – элементы матрицы $\mathbf{Z}$.

Используя обучающую выборку $\mathbf{Z}_p$, полученную путем проецирования p ДХН, не имеющих отклонений, в пространство ГК, находим p значений размахов $h_1, \dots, h_p$ и среднеквадратических отклонений $v_1, \dots, v_p$. По ним оцениваются соответствующие им средние значения:

$$h_0 = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p h_i; \quad v_0 = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p v_i$$

и значения дисперсий:

$$S_h = \frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (h_i - h_0)^2; \quad S_v = \frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (v_i - v_0)^2.$$

Числа степеней свободы N_h и N_v определяются по формулам:

$$N_h = \frac{2h_0^2}{S_h}; \quad N_v = \frac{2v_0^2}{S_v}.$$

Расчетный коэффициент f , по которому проводится классификация, вычисляется по формуле:

$$f = N_h \frac{h_a}{h_0} + N_v \frac{v_a}{v_0},$$

где h_a и v_a – соответственно размах и отклонение анализируемой ДХН.

Критическое значение коэффициента f определяется выражением:

$$f_{\text{крит}} = \chi^{-2}(\alpha, N_h + N_v),$$

где $\chi^{-2}(\alpha, N_h + N_v)$ – α -квантиль распределения хи-квадрат с $N_h + N_v$ степенями свободы.

Классификационное правило в ФНМАК: образец принимается как принадлежащий к классу, если $f < f_{\text{крит}}$.

Для этих образцов значения электротехнических параметров не вычисляются, а принимаются равными номинальным значениям. Для остальных образцов

на следующем этапе метода экспресс-контроля получают информацию о численных значениях электротехнических параметров деталей ПЭ, используя математическую модель, основанную на регрессии на латентных структурах (РЛС). Эта модель связывает матрицу Z с координатами точек ДХН, проецированных в пространство ГК, и матрицу значений электротехнических параметров Y , характеризующих качество изготовления деталей ПЭ.

Для построения модели РЛС по обучающей выборке (Z_0, Y_0) , находят матрицу коэффициентов множественной регрессии A :

$$A = Z_0^{-1} Y_0.$$

Затем определяют параметры Y для очередного изготовленного электромагнита, используя вектор-столбец значений ГК Z :

$$Y = ZA.$$

Результаты проведенных экспериментальных исследований предложенного метода экспресс-контроля ДХН электромагнитов показали, что погрешность определения электротехнических параметров Y не превышает 5 %.

На завершающем шаге выполняется анализ значений электротехнических параметров в соответствии с правилами построения карт Шухарта для всех выпущенных образцов, результаты которого передаются на АРМО для принятия решения оператором о корректировке ТП. С целью повышения устойчивости МГК к грубым ошибкам, в работе предложено использовать аппроксимирующее выражения для описания формы ДХН ПЭ [7].

Таким образом, предложен эффективный метод экспресс-контроля электротехнических параметров, основанный на измерении, преобразовании и анализе динамической характеристики намагничивания пропорциональных электромагнитов путем комплексного использования методов снижения размерности измерительной информации, классификации и построения регрессионной модели на латентных структурах. Разработанный метод позволяет с высоким быстродействием и малыми аппаратными затратами получать достоверную информацию о нарушениях технологического процесса для управления им. Погрешность определения электротехнических параметров деталей пропорциональных электромагнитов не превышает 5 %.

Список цитируемой литературы

1. Ланкин, А.М. Метод технологического контроля пропорциональных электромагнитов гидроприводов / А.М. Ланкин // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 9-3. – С. 495-499.
2. Горбатенко, Н.И. Определение вебер-амперных характеристик электротехнических устройств методом натурно-модельного эксперимента / Н.И. Горбатенко, В.В. Гречихин, М.В. Ланкин, А.М. Ланкин // *Измерительная техника*. – 2016. – № 7. – С. 45-48.
3. Lankin, A.M. Determination of magnetic characteristics of alternative current electrotechnical devices using the method of full-scale-model tests / A.M. Lankin, M.V. Lankin, V.V. Grechikhin, D.V. Shaikhutdinov // *Research Journal of Applied Sciences*. – 2015. – Т. 10. № 10. – С. 695-700.
4. Gorbatenko, N.I. Application of the principal component analysis for control of electrical products / N.I. Gorbatenko, A.M. Lankin, M.V. Lankin // *Procedia Engineering*. – 2016. – Т. 150. – Р. 1027-1031.
5. Shaikhutdinov, D.V. Complex predict fault diagnostics of electromagnetic actuators based on the principle component analyses / D.V. Shaikhutdinov, A.M. Lankin, N.D. Narakidze, V.V. Grechikhin, K.M. Shirokov, N.I. Gorbatenko // *Research Journal of Applied Sciences*. – 2015. – Т. 10. № 10. – Р. 555-557.
6. Ланкин, А.М. Проецирование динамических характеристик намагничивания электромагнитов методом главных компонент // А.М. Ланкин / *Современные наукоемкие технологии*. – 2016. – № 9-3. – С. 420-424.
7. Ланкин, А.М. Аппроксимация динамической характеристики намагничивания электромагнитов / А.М. Ланкин // *Современные наукоемкие технологии*. – 2016. – № 10-1. – С. 86-91.

© А.М. Ланкин, Ханнес Тёпфер, 2018

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А.И. Алатар, e-mail: mih01@mail.ru, А.А. Михайлов, e-mail: mih01@mail.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В статье осуществлен системный анализ начального этапа выбора решающих процедур обратной задачи для приближенного восстановления динамических изображений, с конкретным регуляризирующим оператором. В статье введены степень разрешимости задачи и ее корректности, а также функция риска. Это позволяет формировать решение задачи в виде задачи на безусловный экстремум. При этом оценка качества алгоритма восстановления динамических изображений предполагает использование комплекса критериев оценивания адекватности алгоритмов, их качество, которое для статистических решений предполагают использование критериев Байеса, минимакса, минимакса потерь, а также трудоёмкости и вычислительной устойчивости.

Ключевые слова: алгоритма восстановления динамических изображений, вектор эффективности, критерий Байеса, минимакса, минимакса потерь, трудоёмкость и вычислительная устойчивость.

METROLOGICAL ANALYSIS OF RECOVERY ALGORITHMS OF DYNAMIC IMAGES

A.A. Mikhaylove-mail: mih01@mail.ru, A. I. Alatar

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

The article presents a systematic analysis of the initial stage of the choice of solving inverse problem procedures for approximate recovery of dynamic images with a specific regulating operator. The article introduces the degree of solvability of the problem and its correctness, as well as the risk function. This allows us to form the solution of the problem in the form of an unconditional extremum problem. The estimation of the quality of the algorithm for dynamic image recovery involves the use of a set of criteria for assessing the adequacy of algorithms, their quality, which for statistical solutions involve the use of Bayesian, minimax, minimax loss criteria, as well as labor intensity and computational stability

Keywords: algorithm for reconstruction of dynamic images, vector efficiency, the criterion of the Bayes, minimax, minimax loss, complexity and computational stability

Постановка задачи исследования

В данной статье рассматривается задача оценивания качества алгоритмов обработки динамических изображений, актуальность которой подтверждается Указом Президента РФ от 07.07.2011 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» в сфере разработки критических технологий проектирования программных комплексов сложных информационных, управляющих и навигационных систем.

Задача восстановления динамических изображений представляет собой трудную техническую задачу обработки двумерных и движущихся изображений, требующую для ее решения огромной памяти и быстродействия. Поэтому представляет интерес задача формализации системного подхода при обработке сигналов и изображений.

Будем характеризовать качество алгоритма восстановления динамического изображения вектором эффективности:

$$\bar{H} = \eta(A, R, S), \quad (1)$$

где A – показатель адекватности представления изображения, R – показатель вычислительной устойчивости, S – показатель трудоёмкости алгоритма.

Для корректного вычисления составляющих системного критерия эффективности при наличии помех и искажений требует применения статистического усреднения.

Целью данной работы является анализ системного критерия качества восстановления двумерных изображений.

Анализ адекватности алгоритмов

Под адекватностью в картеже (1) будем понимать показатели точности (погрешность в том или ином смысле), расстояние в некотором метрическом пространстве между исходным изображением и его сжатым представлением и т.д.

При синтезе алгоритмов восстановления изображений используется критерий минимума среднего риска, учитывающий статистику помех и сигналов. Пример использования такого подхода для выбора ортогонального базиса разложения, а также при решении задачи измерения параметров сигналов приведен в [1]. При использовании экспертных оценок, что часто требуется для формирования показателя сложности, достаточно конструктивным является использование теории нечетких множеств [2].

Основным критерием оценки качества алгоритма является *логическая сложность алгоритма*. Из высокой сложности алгоритма следует высокая сложность их программной реализации, а также низкое быстродействие и сложность анализа результатов. Это качественные критерии оценки качества алгоритмов.

В качестве количественных критериев оценки качества алгоритмов используется *вероятность ошибки алгоритма*, которая характеризует уровень точности алгоритма.

При реализации алгоритмов идентификации состояния пикселя изображения различают: условную вероятность ошибочной идентификации; ожидаемую инструментальную ошибку идентификации; ожидаемую ошибку идентификации на выборке заданного размера.

Кроме того, в качестве еще одного количественного критерия качества алгоритма используется функция потерь. Среди функций потерь выделяют: функцию ожидаемых потерь (вероятность потерь, вызванных методами идентификации); эмпирическую (статистическую) функцию средних потерь, учитывающий случайный характер факторов идентификации.

Качество алгоритма решения конкретной задачи естественно определять как качество выбранного решающего правила $F(x, \alpha^*)$ для конкретной задачи, заданной распределением $P(x, \omega)$, определяется как

$$P(\alpha) = \int (\omega - F(x, \alpha^*))^2 dP(x, \omega).$$

Но поскольку выбор решающего правила зависит от случайно составленной обучающей последовательности $x_1, \omega_1, \dots, x_l, \omega_l$, величина $P(\alpha)$ будет случайной, зависящей от той или иной реализации обучающей последовательности. Качество алгоритма, решающего фиксированную задачу на выборках длины l будет определять функцией распределения качества $\mu(P(\alpha))$.

Сравнивать между собой функции распределения качества алгоритмов, решающих некоторую задачу $P(x, \omega)$ на выборках длины l , можно только при фиксированном уровне надежности. Поэтому следует характеризовать качество алгоритма не функцией распределения $\mu(P(\alpha))$, а математическим ожиданием качества

$$R = \int P(\alpha) d\mu(P(\alpha)).$$

Для решения предложенной задачи на выборках длины l алгоритм считается лучшим, для которого соответствующая величина математического ожидания меньше.

Обозначим через A алгоритм обучения, а через T конкретную задачу; тогда качество алгоритма A , решающего задачу обучения распознавания образов T на выборках длины l , можно записать как функцию двух переменных $R_l(A, T)$ для определения качества алгоритма, предназначенного для решения класса задач $\{T\}$.

Разрешению этой трудности посвящена теория статистических решений. В этой теории для сравнения различных алгоритмов предлагаются следующие три критерия:

- а) критерий Байеса,
- б) критерий минимакса,
- в) критерий минимакса потерь.

Критерий Байеса предлагает вычислять для каждого алгоритма среднее по множеству всех задач качество. Для этого надо знать закон, который указывал бы, с какой вероятностью придется решать ту или иную задачу, т. е. знать функцию распределения $P(T)$. Тогда критерий Байеса определяется так:

$$R_{\text{Байса}}(A) = \int R_l(A, T) dP(T).$$

Критерий минимакса наиболее осторожен и предлагает оценивать качество алгоритма как качество решения наиболее неблагоприятной для данного алгоритма задачи:

$$R_{\text{мм}}(A) = \max_T R_l(A, T).$$

Критерий минимакса потерь предполагает минимизацию наибольшей величины потери качества, которая возникает из-за применения данного алгоритма для решения разных задач по сравнению с применением оптимального для каждой из задач алгоритма. Иначе говоря, критерий минимакса потерь конструируется по правилу:

$$R_{\text{мп}}(A) = \max_T \left(R_l(A, T) - \min_T R_l(A, T) \right).$$

Введенные критерии качества алгоритмов позволяют сравнивать различные алгоритмы восстановления динамического изображения для выбора оптимальных с точки зрения различных критериев алгоритмы и устанавливать близость алгоритмов, минимизирующих эмпирический риск, к оптимальным с точки зрения минимаксного критерия и критерия минимакса потерь. Однако алгоритмы, оптимальные по этим двум критериям, не столь интересны, как алгоритмы, оптимизирующие критерий Байеса. Построение же оптимальных по критерию Байеса алгоритмов – задача, практически неосуществима из-за громоздких вычислений. Поэтому представляют интерес квазيبайесовы процедуры, которые сохраняют ценные свойства байесовых процедур, но не столь громоздки.

Использование критерия минимума среднего риска в задачах восстановления изображений

Во многих задачах восстановления изображений наряду с временным широко используют спектральное представление сигналов, основанное на преобразовании Фурье. При реализации частотных преобразований и оценке вычислительных затрат существенное значение имеет выбор базиса спектрального разложения. Так, при использовании базиса Карунена-Лоэва минимизируется число

членов ряда, а при использовании базисов кусочно – постоянных функций (Уолша, Хаара) значительно возрастает скорость вычислений и уменьшаются вычислительные затраты.

В общем случае, упрощенная математическая модель преобразования изображения представляется в виде:

$$Y_{i,j}=T\lfloor X_{i,j} \rfloor, \quad i=\overline{1,N}, \quad j=\overline{1,M}, \quad (2)$$

где $X_{i,j}$ – входное изображение; $Y_{i,j}$ – обработанное изображение; T – оператор преобразования; N – количество строк, M – количество столбцов двумерного массива изображения.

Для оптимизации выбора базиса разложения сигналов целесообразно использовать критерий минимума среднего риска [3]. Для этого необходимо, чтобы был задан класс используемых сигналов и были известны их вероятностные характеристики.

Для заданного класса двумерных процессов $\{X_l(i, j)\}_{l=1}^L$, $X_l(i, j) = \{x_l^{(k)}(i, j)\}_{k=1}^\infty$ предполагается известной вероятность каждого из подклассов P_l , где индекс l – номер подкласса с некоторыми общими свойствами, а k – номер реализации процесса l -го подкласса. Будем сравнивать некоторую совокупность базисных систем

$$\{\varphi_{n,m}^{(h)}(i, j)\}_{n,m=1}^\infty, \quad h=1,2,\dots,H.$$

Разложение $x_l^{(k)}(i, j)$ в обобщенный ряд Фурье по n, m -й базисной системе в общем виде имеет вид:

$$x_{lh}^{(k)}(i, j) = \sum_{n=1}^\infty \sum_{m=1}^\infty a_{n,m} \varphi_{n,m}^{(h)}(i, j), \quad (3)$$

при конечном числе членов ряда Фурье можно охарактеризовать погрешностью:

$$\varepsilon_{lh}^{(k)} = \rho[x_l^{(x)}(i, j); \tilde{x}_l^{(k)}(i, j; K)],$$

где $\rho[\cdot]$ – расстояние в некоторой метрике, $\tilde{x}_l^{(k)}(i, j; K)$ – частичная сумма членов ряда (3).

Аппаратурное определение коэффициентов ряда Фурье или их вычисление связано с определенными вычислительными затратами $S_h(l, K)$. Введем функцию потерь, учитывающую как потери, связанные с погрешностью усечения ряда Фурье, так и затраты аппаратных и вычислительных ресурсов:

$$W_{lh}^{(k)} = w[\varepsilon_{lh}^{(x)}(l, K); S_h^{(k)}(l, K)]. \quad (4)$$

Значение условного риска зависит как от подкласса сигналов, так и от базиса и вычисляется путем усреднения функции потерь (4) по реализациям:

$$r_{lh} = \langle W_{lh}^{(k)} \rangle_k = \int w[\varepsilon_{lh}^{(x)}(l, N); S_h^{(k)}(l, N)] f(x) dx,$$

где $f(x)$ – плотность вероятности анализируемых сигналов и помех; а угловые скобки означают операцию статистического усреднения.

Средний риск определяется путем усреднения условного риска по подклассам сигналов:

$$R_h = \langle r_{lh} \rangle = \sum_{l=1}^L P_l r_{lh}, \quad (5)$$

где P_l – вероятность l -го подкласса сигналов.

В соответствии с критерием минимума среднего риска из базисов выбирается тот, для которого средний риск минимален.

В работе для оценки эффективности системного критерия качества восстановления изображений рассматриваются тестовые изображения в виде текстур, полученных на основе моделирования гауссовских полей с заданными корреляционными функциями.

Понятие текстура является важным пространственным признаком, описывающим распределение цветов или интенсивности яркости в теории обработки двумерных сигналов. Под текстурой понимают специфические повторяющиеся изменения тона (цвета) в изображении объекта или его некоторой части [4]. Текстура может представлять упорядоченное изменение тона в виде геометрически правильных или почти правильных рисунков. Другой тип – стохастическая текстура. Она присуща естественным объектам и, как правило, является следствием шероховатости наблюдаемых объектов.

Для математического описания текстур используются два основных подхода – структурный и статистический [5]. Первый подход описывает базовые области текстур и пространственные связи между ними, что хорошо подходит для описания искусственных и регулярных текстур. Во-втором подходе в качестве описания текстуры используется количественное и статистическое распределение значений интенсивности пикселей в области изображения. Такой подход более подходит для описания реальных текстур.

Формирование стохастических текстурных полей, близких к естественным, представляет сложную в вычислительном отношении процедуру. Для синтеза тек-

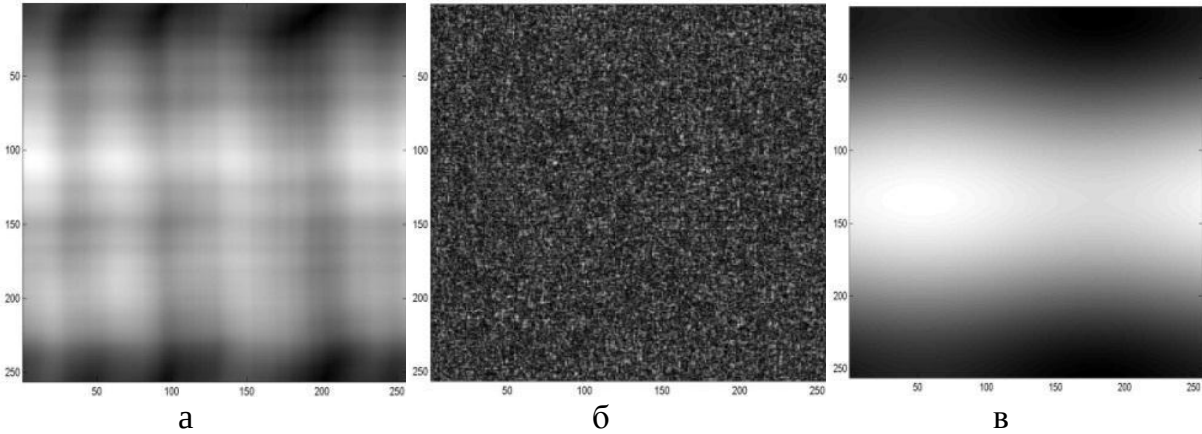


Рис.1. Текстуры с заданными корреляционными функциями

стур предпочтительными считаются авторегрессионная модель и модели с использованием методов линейного программирования. Синтез осуществляется с использованием статистических характеристик текстур-прототипов: плотности вероятности и автокорреляционной функции. Так же основой для описания текстуры могут быть гауссовы или гаусс-марковские поля [6]. В практике математического моделирования наиболее часто возникает необходимость в моделировании случайных полей с равномерным, релеевским, нормальным, логарифмически нормальным, односторонним экспоненциальным и пуассоновским законами распределения. Аппроксимирующие выражения для корреляционных функций (КФ) могут быть выбраны по-разному, в качестве основных используют разделимую экспоненциальную функцию, экспоненциальную функцию с круговой симметрией, гауссоидальную функцию [6].

Для моделирования тестовых текстур выберем три подкласса со следующими типовыми корреляционными функциями. На рисунке 1 представлен пример

синтеза текстур с заданными корреляционными функциями (а – разделимая экспоненциальная корреляционная функция

$$K_1(\tau_x, \tau_y) = \exp[-(\alpha_x |\tau_x| + \alpha_y |\tau_y|)],$$

б – экспоненциальная корреляционная функция с эллиптической симметрией

$$K_2(\tau_x, \tau_y) = \exp[-\sqrt{\alpha_x^2 \tau_x^2 + \alpha_y^2 \tau_y^2}],$$

в – гауссоидальная корреляционная функция

$$K_3(\tau_x, \tau_y) = \exp[-(\alpha_x^2 \tau_x^2 + \alpha_y^2 \tau_y^2)],$$

где α_x и α_y - параметры корреляционных функций).

Анализ трудоёмкости алгоритмов

Критерий трудоёмкость картежа (1) определяет количество необходимых алгоритму элементарных операций. На трудоёмкость влияет объём, значения, порядок поступления и свойства входных данных. Используемая оценка функции трудоёмкости – «сложность» алгоритма, позволяющая определить связь трудоёмкости с объёмом данных. Показатель сложности характеризует расход ресурсов при реализации алгоритмов (число вычислительных операций, быстродействие, объём памяти, число элементов аппаратной структуры и прочее).

Основной оценкой функции сложности алгоритма $f(n)$ (где n - величина объёма данных, «длина входа») является Θ :

$$f(n) = \Theta(g(n))$$

если при $g > 0$ при $n > 0$ существуют положительные c_1, c_2, n_0 , такие, что при $n > n_0$: $c_1 \cdot g(n) \leq f(n) \leq c_2 \cdot g(n)$, т.е. можно найти такие c_1 и c_2 , что при достаточно больших n $f(n)$ будет заключена между $c_1 \cdot g(n)$ и $c_2 \cdot g(n)$.

В таком случае говорят ещё, что функция $g(n)$ является асимптотически точной оценкой функции $f(n)$, так как по определению функция $f(n)$ не отличается от функции $g(n)$ с точностью до постоянного множителя.

Одаёт одновременно верхнюю и нижнюю оценки роста функции. Оценка Опредставляет собой верхнюю асимптотическую оценку трудоёмкости алгоритма и $f(n) = O(g(n))$, если $\exists c > 0, n_0 > 0$: $0 \leq f(n) \leq cg(n), \forall n > n_0$. Запись $f(n) = O(g(n))$ означает, что $f(n)$ принадлежит классу функций, которые растут не быстрее, чем функция $g(n)$ с точностью до постоянного множителя.

Оценка Ω задает нижнюю асимптотическую оценку роста функции $f(n)$ и определяет класс функций, которые растут не медленнее, чем $g(n)$ с точностью до постоянного множителя. $f(n) = \Omega(g(n))$, если $\exists c > 0, n_0 > 0$: $0 \leq cg(n) \leq f(n), \forall n > n_0$. Равенство $f(n) = \Theta(g(n))$ выполняется тогда и только тогда, когда $f(n) = O(g(n))$ и $f(n) = \Omega(g(n))$.

Важную роль в развитии асимптотического анализа алгоритмов сыграли работы А. Ахо, Дж. Ульман, Дж. Хопкрофт [7]. В рамках классической теории, осуществляется классификация задач по их сложности:

- «Р-сложные» - могут быть решены за время, полиномиально зависящее от объёма исходных данных, с помощью детерминированной вычислительной машины;
- «NP-сложные».

Исследования сложности алгоритмов позволили по-новому взглянуть на решение многих классических математических задач и найти для некоторого их ряда решений, требующие меньше ресурсов, нежели традиционные [8].

Анализ вычислительной устойчивости алгоритмов

В вычислительной математике большое значение имеет чувствительность решения задачи тем или иным алгоритмом к малым изменениям входных данных. Задача или алгоритм решения задачи называются вычислительно неустойчивыми, если малые изменения входных данных приводят к заметным изменениям решения. Поскольку вычисления в рациональных числах осуществляются с некоторой погрешностью, вычислительная неустойчивость приводит к невозможности решения ряда задач некоторыми алгоритмами, которые при абсолютно точных вычислениях давали бы решения. Устойчивость алгоритма к множеству решаемых задач отдалённо напоминает непрерывное отображение. Вычислительную устойчивость картежа (1), например, решения системы уравнений, можно определить следующим образом: допустим мы решили систему уравнения относительно x , то есть нашли решение x . Если мы незначительно изменим значения a_i на, то новое решение должно быть в некоторой метрике близким к решению x .

ВЫВОДЫ

Системный анализ степени разрешимости и корректности процедур обратной задачи восстановления двумерных динамических изображений, с конкретным регулязирующим оператором, показал следующее.

1. Качество алгоритма восстановления динамического изображения определяется вектором эффективности в виде комплекса критериев оценивания показателей адекватности восстановления изображения, показатель вычислительной устойчивости и показатель трудоёмкости алгоритма.

2. Адекватность восстановления изображения определяется расстоянием в некотором метрическом пространстве между исходным изображением и его искаженным представлением. В качестве количественных критериев оценки качества алгоритмов используется вероятность ошибки алгоритма, которая характеризует уровень точности алгоритма идентификации состояния пикселя изображения различают: условную вероятность ошибочной идентификации; ожидаемую инструментальную ошибку идентификации; ожидаемую ошибку идентификации на выборке заданного размера.

При этом для сравнения различных алгоритмов статистических решений формируют критерий Байеса, критерий минимакса, критерий минимакса, используя функцию ожидаемых потерь или эмпирическую (статистическую) функцию средних потерь.

3. Критерий трудоёмкость определяется количеством необходимых алгоритму элементарных операций. На трудоёмкость влияет объём, значения, порядок поступления и свойства входных данных. Используемая оценка функции трудоёмкости – «сложность» алгоритма, позволяющая определить связь трудоёмкости с объёмом данных. Показатель сложности характеризует расход ресурсов при реализации алгоритмов (число вычислительных операций, быстродействие, объем памяти, число элементов аппаратной структуры и прочее).

4. Вычислительная неустойчивость алгоритма решения задачи характеризуется чувствительностью решения задачи тем или иным алгоритмом к малым изменениям входных данных.

Список цитируемой литературы

1. Рыжов В.П. Системотехнические аспекты выбора параметров сигналов при проектировании информационных систем – М.: Радиотехника, 2011, №9. – с. 108–112.
2. Галустов Г.Г., Рыжов В.П. Выбор параметров сигналов при частотно-временных измерениях – Радиосистемы – 2004, №4 // Радиоэлектронные устройства и системы управления, локации и

связи, М.: Радиотехника, 4с.

3. Коган И.М. Прикладная теория информации. – М.: Радио и связь, 1981. –216 с.

4. Petrou M., and Pedro G.S. Image processing: dealing with texture. Vol. 10. Wiley, 2006. – 631 p

5. Белокуров А.А., Сечко В.В. Стохастические модели в задачах анализа и обработки изображений. – ЗРЭ, 1989. – № 5.–с. 3 – 18.

6. Перетягин Г.И. Представление изображений гауссовыми случайными полями. – Автометрия, 1984. – № 6.– с. 42 – 48

7. Ахо А.В., Хопкрофт Д.Э., Ульман Д.Д. Структуры данных и алгоритмы, М.:СПб.:Киев: «Вильямс», 2000. – 384 с.

8. Успенский В.А., Семёнов А.Л. Теория алгоритмов: основные открытия и приложения – М.:Наука, 1987.–288 с.

УДК 616-03

ЛОКАЛЬНАЯ МАГНИТНАЯ ГИПЕРТЕРМИЯ НАНОЧАСТИЦ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ, ТЕОРИЯ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ.

***М.А. Брылева¹, e-mail: marina-evsukova@mail.ru, О.Е. Положенцев²,
e-mail:olegplozhentsev@mail.ru, Р.В. Матвеев², e-mail: roman-
matveev32@yandex.ru***

¹ Донской государственный технический университет, г. Ростов на Дону

² Южный федеральный университет, г. Ростов на Дону

Одним из перспективных способов терапии злокачественных новообразований является метод локальной магнитной гипертермии с использованием таргетных магнитных препаратов вследствие его избирательного теплового воздействия на локальную область малигнизированной ткани и хорошей совместимости с традиционными методами лечения злокачественных новообразований. Актуальность и перспективы метода локальной магнитной гипертермии связаны с созданием таргетных магнитных препаратов с высокими гипертермическими характеристиками, биосовместимостью и развитием гипертермических технологий. В данной работе представлены фундаментальные основы и теория метода локальной магнитной гипертермии, методы и средства измерения гипертермических характеристик магнитных наночастиц. Описаны типы и характеристики таргетных магнитных наночастиц, которые могут быть использованы в методе локальной магнитной гипертермии.

Ключевые слова: Локальная магнитная гипертермия наночастиц, магнитные наночастицы, нагрев наночастиц, характеристики нагрева, методы и средства измерения.

LOCAL MAGNETIC NANOPARTICLE HYPERTHERMIA: FUNDAMENTALS, THEORY, METHODS AND INSTRUMENTATIONS

M.A. Bryleva¹, O.E. Polozhentsev², R.V. Matveev²

¹ Don State Technical University, Rostov-on-Don

² Southern Federal University, Rostov-on-Don

One of the promising methods for the therapy of malignant tumors is the local magnetic hyperthermia treatment with the use of the targeted magnetic nanoparticles due to its selective thermal effect on the local area of a malignant tissue and good compatibility with the conventional methods of treatment of malignant neoplasms. The actuality and prospects of the local magnetic hyperthermia method are associated with the development of the targeted magnetic nanoparticles with high hyperthermal characteristics, biocompatibility and the development of hyperthermic technologies. This article presents the fundamental principles and theory of the local magnetic hyperthermia, methods and instrumentations for the measurement of the magnetic nanoparticle hyperthermia characteristics. The types and characteristics of target magnetic nanoparticles that can be used in the local magnetic nanoparticle hyperthermia are described.

Keywords: Local magnetic nanoparticle hyperthermia, magnetic nanoparticles, heating of nanoparticles, heating characteristics, methods and instrumentations for the measurement

Введение

Заболеваемость и смертность при злокачественных новообразованиях является одной из самых актуальных проблем не только в России, но и за рубежом. Одним из перспективных способов терапии злокачественных опухолей является метод локальной магнитной гипертермии с использованием магнитных наночастиц вследствие ее избирательного теплового воздействия на локальную область ткани и хорошей совместимости с традиционными методами лечения злокачественных новообразований. Метод локальной магнитной гипертермии заключается в адресной доставке магнитных наночастиц (далее МНЧ) в ткань-мишень (злокачественная опухоль) и их локальном нагреве в области распределения под действием внешнего переменного магнитного поля (далее ПМП) [1-3]. Ткань-мишень, подвергаясь воздействию высоких температур, либо непосредственно разрушается (термическая абляция с температурой выше 47°C), либо становится более восприимчивой к другим методам лечения (термическая активация в температурных диапазонах 41-45°C). Применение метода основано на том, что в условиях *in vivo* наблюдается селективная гибель опухолевых клеток при температуре 40-44 °C, при этом здоровая ткань не повреждается. Для безопасного воздействия ПМП на живые ткани организма накладываются медицинские ограничения на величины данных параметров: так, частота должна находиться в пределах от 50 кГц до 10 МГц, а амплитуда не превышать 18 кА/м с достаточной глубиной проникновения [4]. Данная методика имеет ряд преимуществ по сравнению со стандартными методами терапии: сохранение целостности, анатомической структуры и функционального состояния органа, в котором развивается опухолевый процесс, не нарушается гомеостаз организма, отсутствие негативного влияния на общее состояние пациента, возможность комбинировать локальную терапию с другими терапевтическими методиками [4]. Эффективность и применимость метода локальной магнитной гипертермии можно повысить за счет применения нанотехнологий: модифицирования поверхности магнитных наночастиц противоопухолевыми препаратами, средствами визуализации и векторами направленного транспорта в опухоль, а также за счет увеличения их характеристик нагрева [4-7].

В литературе описаны разнообразные МНЧ с различными физико-химическими характеристиками, которые применялись для магнитной гипертермии. Применяемые МНЧ в основном подразделяются на несколько категорий на основе их структуры: наночастицы магнитных сплавов (Fe-Co, Fe-Ni, Fe-Pt, Co-Pt, Co-Ni) [1, 5], наночастицы металлов и оксидов металлов (например, Fe, Fe₃O₄, γ -Fe₂O₃, NiFe₂O₄, MnFe₂O₄, CoFe₂O₄, NiO, Co₃O₄) [1, 8], а также большой класс допированных магнитных наночастиц (с переходными и редкоземельными элементами), разбавленных магнитных полупроводников, ферритов со структурой шпинели MeFe₂O₄, (Me - двухвалентный металл: Ni, Co, Mn, Mg, Cu, Fe, Zn и др.), магнитные материалы с настраиваемой точкой Кюри, температура Кюри которых находится в области 45°C. При достижении T_C такие МНЧ переходят в парамагнитное состояние, и процесс гипертермии прекращается (так называемый автоконтролируемый механизм нагрева) [1-7].

Развитие метода локальной магнитной гипертермии приведет к разработкам новых биосовместимых функционализированных магнитных наночастиц, для которых потребуется определение их характеристик нагрева и оценка возможности их

использования для терапии онкологических заболеваний. В данной статье описаны физические принципы и механизмы нагрева магнитных наночастиц в переменном магнитном поле, характеристики нагрева, методы и средства для их измерения.

Физические принципы нагрева магнитных наночастиц

В зависимости от размеров ферромагнитных материалов тепло генерируется в переменном магнитном поле за счет четырех различных механизмов тепловых потерь: 1) вихревые токи (в МНЧ размеров более 1 мкм), 2) гистерезисные потери (в многодоменных МНЧ размеров менее 1 мкм), 3) релаксационные потери (релаксации Нееля и Броуна в однодоменных и суперпарамагнитных НЧ) и 4) фрикционные потери на трение в вязкой суспензии [4, 9]. Вихревые замкнутые электрические токи, возникающие в массивных частицах под действием изменяющегося во времени переменного магнитного поля, вызывают нагрев частиц. Вклад вихревых токов в малых частицах считается довольно небольшим, поскольку мощность нагрева уменьшается с уменьшением размера частиц. Магнитная структура ферромагнитных материалов спонтанно расщепляется на магнитные домены, которые представляют собой области, группирующие магнитные моменты с одинаковой ориентацией. Гистерезисные потери происходят в частицах с мультимагнитными доменами за счет смещения доменных стенок и вращения магнитных моментов внутри доменов. В случае если размер ферромагнитного материала уменьшается ниже критического значения, магнитная структура всего материала становится единым доменом. Нагрев однодоменных и суперпарамагнитных частиц происходит за счет потерь релаксации (релаксация Нееля или Броуна). Релаксация Нееля обусловлена случайными сдвигами спинов без вращения частицы и является единственным релаксационным процессом, связанным с МНЧ, когда наночастицы иммобилизированы на какой-либо поверхности (например, в опухолевой ткани). Релаксации Броуна связаны со свободным вращением частицы в магнитной жидкости из-за вязкости жидкости-носителя (η). В методе локальной магнитной гипертермии обычно используются коллоидные растворы магнитных наночастиц (однодоменные и суперпарамагнитные частицы), поэтому в основном рассматриваются релаксационные процессы Нееля и Броуна.

Характеристики нагрева магнитных частиц

Характеристиками нагрева магнитных частиц под действием переменного магнитного поля являются: величина удельного коэффициента поглощения (SAR – *Specific Absorption Rate*) или удельная тепловая мощность (SHP – *Specific Heat Power*) - это количество тепла, выделяемого единицей грамма магнитного материала за единицу времени. Величина SAR для исследуемых растворов МНЧ рассчитываются с использованием выражения:

$$SAR = \frac{C}{m_{sample}} \frac{\Delta T}{\Delta t}, \quad (1)$$

где C - удельная теплоемкость раствора МНЧ, величина dT/dt - скорость повышения температуры МНЧ (начальный наклон зависящей от времени температурной кривой), величина Mm - количество магнитного материала в общем количестве раствора. Реальные условия эксперимента далеки от адиабатических, поэтому при расчете SAR необходимо учесть потери связанные с диссипацией тепла, вычитая из коэффициента наклона при нагреве коэффициент наклона при остывании для той же температуры.

Удельная теплоемкость раствора МНЧ C рассчитывается по формуле:

$$C = C_{p,d} m_d + C_{p,NP} m_{NP}, \quad (2)$$

где $C_{p,d}$ - удельная теплоемкость дисперсионной среды, $C_{p,NP}$ - удельная теплоемкость МНЧ, m_d - масса дисперсионной среды, m_{NP} - масса МНЧ.

Величина SAR определяется физическими и магнитными свойствами МНЧ, но также линейно изменяется с частотой (f , Гц) и квадратично зависит от напряженности переменного магнитного поля (H , А·м⁻¹). Значение собственной мощности потерь ILP (эффективность нагрева) (ILP - *Intrinsic Loss Power*) независит от значений частоты и напряженности переменного магнитного поля:

$$ILP = \frac{SAR}{fH^2}, \quad (3)$$

Зависимость температуры нагрева МНЧ от времени $T(t)$ для неадиабатической системы, когда тепловые потери, высвобождаемые из образца в окружающую среду, начинают играть роль, экспериментальные данные должны описываться выражением:

$$T(t) = T_{init} + \Delta T_{max} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad (4)$$

где, T_{init} – начальная температура, ΔT_{max} – значение температуры в установившемся состоянии (при t стремящимся в бесконечность), τ - постоянная времени нагрева. Выражение для линейного повышения температуры $T(t)$ справедливо только в адиабатической системе. Будет рассчитываться ΔT_{max} и постоянная времени τ , которая соответствует времени, когда мгновенное значение температуры достигает ~63% от конечной температуры нагрева магнитной жидкости. Через промежуток времени равный 5τ можно считать, что система достигла устойчивого состояния близкой к ΔT_{max} .

Скорость v нагрева МНЧ в начальный момент времени определяется по формуле:

$$v = \left. \frac{dT}{dt} \right|_{t=0} = \frac{\Delta T_{max}}{\tau}, \quad (5)$$

Эта величина также определяет угол линейного нагрева МНЧ при адиабатическом процессе.

Значения времени релаксации неелевского τ_N и броуновского τ_B процессов, эффективное время релаксации τ_{eff} (оба механизма нагрева МНЧ вовлечены одновременно) вычисляются по формулам:

$$\tau_B = \frac{4\pi\eta r_H^3}{k_B T}, \quad (6)$$

$$\tau_N = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \tau_0 \sqrt{\frac{3k_B T}{4\pi K r_H^3}} e^{\frac{4\pi K r_H^3}{3k_B T}}, \quad (7)$$

$$\tau_{eff} = \frac{\tau_N \tau_B}{\tau_N + \tau_B}, \quad (8)$$

где η – динамическая вязкость жидкости, r_H – гидродинамический радиус частиц, $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$ - постоянная Больцмана, T – температура, $\tau_0 = 10^{-9}$ с, K – постоянная анизотропии.

Данные параметры позволяют сделать вывод о механизмах нагрева наночастиц (неелевская релаксация, характерная для перемангничивания суперпарамагнитных частиц, броуновской релаксация за счет механического вращения и потерь на гистерезис).

Методы и средства измерения характеристик нагрева

Измерения характеристик нагрева ферромагнитных наночастиц проводятся на уникальной установке для исследования характеристик магнитной локальной гипертермии LocalHyperThermLabUnit TOR 04/16 (ООО «Наноматериалы», Тамбов, Россия), установленного в международном исследовательском центре «Интеллектуальные материалы» Южного федерального университета (г. Ростов-на-Дону). Частота переменного магнитного поля варьируется в пределах 220-300 кГц, а диапазон магнитной индукции составляет 2-20 мТл. Оборудование позволяет проводить измерения как с коллоидными растворами МНЧ, так МНЧ в биологических тканях. На рисунке 1 изображен внешний вид и схематическое представление установки для исследования характеристик магнитной локальной гипертермии.

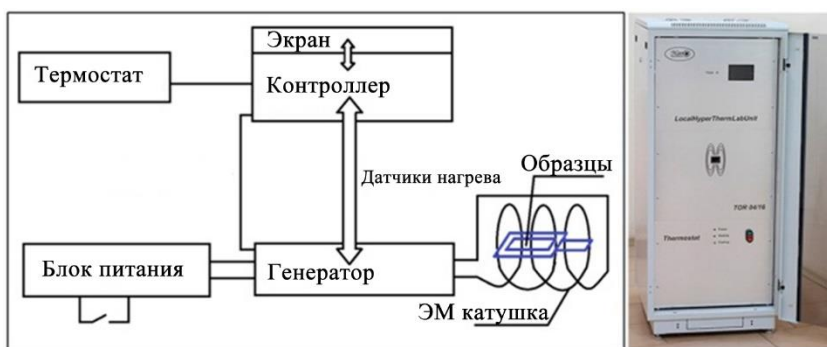


Рис. 1 – внешний вид и схематическое представление установки для исследования характеристик магнитной локальной гипертермии LocalHyperThermLabUnit TOR 04/16

Отличительными особенностями прибора являются встроенный термостат, способный поддерживать заданную температуру в рабочей камере, как в режиме нагрева теплоносителя, так и в режиме охлаждения. Образцы коллоидных ферромагнитных наночастиц (до 400 мкл) помещаются в кюветы 16-луночного планшета. Таким образом, имеется возможность независимого контроля температуры в каждой лунке 16-луночного планшета в течение всего эксперимента. Это позволяет исследователям изучить теплогенерирующие свойства магнитных наночастиц в различных условиях их использования.

Заключение

В настоящей статье описаны физические принципы и механизмы нагрева ферромагнитных наночастиц в переменном магнитном поле, характеристики нагрева, методы и средства для их измерения. Нагрев магнитных наночастиц в переменном магнитном поле может найти свое применение в методе терапии злокачественных новообразований как локальная магнитная гипертермия.

Список цитируемой литературы

1. Hedayatnasab Z., Abnisa F., Daud W. // Materials and Design 123 (2017) 174–196.
2. Beik J., Abed Z., Ghoreishi F.S., et al // Journal of Controlled Release 235 (2016) 205–221.
3. Périgo E.A., Hemery G., Ortega O.D., et al // Applied Physics Reviews 2, 041302 (2015).
4. Ortega D. and Pankhurst Q.A. // Nanoscience, 2013, 1, 60–88.
5. Ortega D. and Pankhurst Q.A., ed. P. O'Brien (Cambridge) 2013, p. 60–88.

6. Pankhurst Q.A. et al. // J. Phys. D: Appl. Phys. 42, 2009, 224001.
7. B. Kozissnik, A.C. Bohorquez, et al // Int J Hyperthermia, 2013; 29(8): 706–714.
8. Laurent S., Dutz S., et al // Advances in Colloid and Interface Science 166 (2011) 8–23.
9. R R Wildeboer, P Southern and Q A Pankhurst // J. Phys. D: Appl. Phys. 47 (2014) 495003.

© М.А. Брылева, О.Е. Положенцев, Р.В. Матвеев, 2018

УДК 504.062

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ПЫЛИ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

К.А. Трохимчук, e-mail: tro232957@mail.ru

ФГАОУ ВП Волгоградский государственный университет, г. Волгоград

В данной статье представлены исследования, показывающие, что проведение земляных работ влияет на степень запыленности мелкодисперсной пылью окружающей среды. Выявлено с помощью исследований на лабораторной аэродинамической трубе, что характер выделения пыли при разработке рыхлых пород зависит от климатических условий и физико-механических свойств грунтов. Созданное специализированное ГИС-приложение позволяет моделировать динамику распространения загрязняющих веществ с учетом внешних нестационарных факторов на территориях строительства, например, в зонах с существующей антропогенной застройкой.

Ключевые слова: земляные работы, пылевыведение, мелкодисперсная пыль, аэродинамическая труба, ГИС-приложение

METHODS AND MEANS FOR INVESTIGATION OF DISPERSE COMPOSITION OF DUST IN THE AIR FRAMEWORK FOR EARTH WORKS

K.A. Trokhimchuk, e-mail: tro232957@mail.ru

Volgograd State University, Volgograd

This article presents studies showing that excavation works affect the degree of dustiness of fine-dispersed dust of the environment. It was revealed with the help of research on a laboratory wind tunnel that the nature of the release of dust in the development of loose rocks depends on the climatic conditions and the physical and mechanical properties of the soils. The created specialized GIS-application allows modeling the dynamics of distribution of polluting substances taking into account external non-stationary factors in the construction areas, for example, in zones with existing anthropogenic development.

Key words: excavation, dust extraction, fine dust, wind tunnel, GIS-application

Технологические процессы при производстве земляных работ сопровождаются интенсивным пылевыведением. Особую группу представляют неорганизованные источники пылевых выбросов, связанные с разработкой, выемкой и перемещением грунта. Система контроля и оценки дисперсного состава и концентрации частиц именно малых размеров в воздухе зон проведения земляных работ на дисперсных грунтах в настоящее время отсутствует, что не позволяет объективно оценить степень воздействия пыли на качество окружающей природной среды городской агломерации. Поэтому актуальными являются исследования характера загрязнения воздушной среды городской территории при земляных строительных работах.

Изучение пылевого аэрозоля в качестве дисперсной системы, поведения пылевых частиц в условиях внешних воздействий, исследование ряда задач, связанных со снижением концентрации пыли в воздухе, совершенствование техники обеспыливания нашло отражение в работах В.Н. Азарова, Н.Я. Авдеев, В.И. Беспалова, Е.И. Богуславского, В.Е. Глузберга, Н.Ф. Гращенкова, В.В. Дьякова, В.К. Журавлева, В.П. Журавлева, Г.С. Забурдяева, И.Г. Ищука, Б.Ф. Кирина, Ф.С. Клебанова, П.А. Коузов, В.В. Кудряшова, И.Ф. Ливчака, И.Н. Логачева, К.И. Логачева, С.И. Луговского С.И., А.Б. Лукьянова, Е.П. Медникова, М.А. Менковского, Н.В. Мензелинцевой, В.А. Минко, В.С. Никитина, Н.В. Перцева, Г.А. Позднякова, Г.И. Ромашов, В.И. Саранчука, Н.А. Страховой, А.А. Цыцур, Л.А. Шварцмана, М.И. Шилиева, Е.А. Штокмана и др. авторов. В связи с развитием городов в мировой практике появился целый ряд исследований, касающихся загрязнений атмосферного воздуха мелкодисперсной пылью. Можно выделить работы следующих исследователей: Б. Барратта, Р. Бурки, Д. Грина, В. Гросса, И. Гулда, Р. Ларсена, Х. Лонга, А. Маккея, П. Моргенштерн, Т. Окита, Т. Руана, Н. Розе, Г. Фуллера, С. Юнге. Из зарубежных авторов, занимающихся вопросами атмосферной диффузии, следует отметить в первую очередь работы О.Г. Сеттона. Эти вопросы рассматривались также в работах Р. Маккортина, Е. Хьюстона, Г. Хольцворта, М. Хиго. Вопрос пылевого загрязнения воздушной среды городов при земляных работах в строительстве изучен слабо, особенно это относится к мелкодисперсной пыли [1, 2].

Поставлена задача исследования процесса пылевыделения с грунтовых отвалов, сложенных рыхлыми породами. Изучение проводилось на лабораторной аэродинамической трубе (рис. 1). Экспериментальные исследования включали: описание экспериментальной установки; планирование эксперимента; методику проведения исследования; получение результатов исследования; обработку результатов исследования; испытание в установке пылезащитных устройств.



Рис. 1 - Исследования в аэродинамической трубе

При проведении исследований методами планирования эксперимента в качестве функции отклика были выбраны: весовая доля пылевой фракции в дисперсном грунте K_1 ; доля пыли, переходящая в аэрозоль K_2 . Эти коэффициенты используются в настоящее время для расчета выбросов от неорганизованных источников, к которым можно отнести отвалы изъятых грунтов. В качестве варьируемых факторов, влияющих на исследуемые величины K_1 , K_2 выбираем: V_v – скорость ветра, м/с; φ – влажность грунта, %; m – масса грунта, кг. Для каждого вида грунта были выбраны свои значения уровней факторов V_v ; φ ; m . Варьируемые факторы

были приведены к виду: $x_1 = \frac{V_v - V_{v0}}{\Delta V_v}$, $x_2 = \frac{\varphi - \varphi_0}{\Delta \varphi}$, $x_3 = \frac{m_p - m_{p0}}{\Delta m_p}$, (1)

где V_{eo} , φ_o , m_o – значения соответствующих факторов в центре плана; ΔV_e , $\Delta \varphi$, Δm – уровни изменения значений факторов. Результаты эксперимента показали, что наибольший процент выноса пыли с отвала зависит от показателей влажности грунтового массива и его размера (массы). Расчетные зависимости с учетом только значимых коэффициентов: весовой доли пылевой фракции в дисперсном грунте K_1 и доли пыли, переходящей в аэрозоль K_2 различных дисперсных пород сведены в таблицу 1.

Для оценки значимости коэффициентов в уравнении регрессии использовался критерий Стьюдента при доверительной вероятности $P=0,95$. Адекватность полученных уравнений регрессии проверялась сопоставлением расчетного и табличного значений критерия Фишера.

Таблица 1

Расчетные зависимости для нахождения коэффициента весовой доли пылевой фракции в дисперсном грунте K_1 и доли пыли, переходящей в аэрозоль K_2 для различных дисперсных грунтов

Наименование грунта	Вид зависимостей
Искусственные грунты	$K_1= 0,121 + 0,037 X_1 - 0,07 X_3 - 0,041 X_1 \cdot X_2$ $K_2= 0,155 - 0,154 X_2 + 0,103 X_1^2$
Лессовые грунты	$K_1= 0,162 + 0,028 X_1 - 0,032 X_2 - 0,013 X_1 \cdot X_3$ $K_2= 0,244 - 0,112 X_2 - 0,136 X_1^2 + 0,034 X_2^2$
Супесчаные грунты	$K_1= 0,197 + 0,039 X_1 - 0,077 X_2 - 0,009 X_3 + 0,060 X_1 \cdot X_3$ $K_2= 0,208 + 0,117 X_1 - 0,029 X_2 + 0,109 X_1^2 - 0,140 X_1 \cdot X_3$
Глинистые грунты	$K_1= 0,084 + 0,037 X_1 + 0,016 X_2 + 0,031 X_2^2 + 0,030 X_1 \cdot X_3$ $K_2= 0,141 + 0,052 X_1 - 0,055 X_2 + 0,019 X_1^2 - 0,016 X_2^2 + 0,030 X_1 \cdot X_3$

В аэродинамическую трубу был помещен стенд (рис. 2), экран которого имел различную ячеистую структуру (10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм). Через экран продувался поток воздуха, загрязненный пылеватыми частицами размером 0,005-0,05 мм. Выявлено, что наибольший процент пыли удерживает сетчатый экран с ячеистой структурой равной 0,5 мм. Проведен эксперимент в аэродинамической трубе с горизонтальной сетчатой конструкцией, полностью покрывающей отвал. Получено, что использование таких устройств способно максимально стабилизировать пылящие поверхности земляных отвалов независимо от характера ветра.

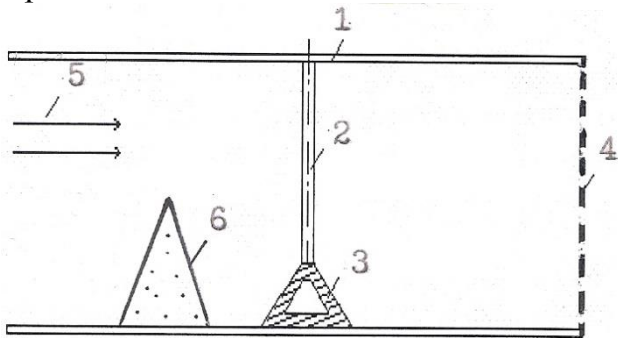


Рис. 2 – Схема экспериментальной установки: 1 – аэродинамическая труба; 2 – экран; 3 – опора; 4 – ограждение; 5 – ветровой поток; 6 – отвал

Автором рассмотрены математические модели: приземного слоя атмосферы и динамики загрязняющих примесей, которые достаточно точно описывают динамику движения воздушных потоков и характер переноса загрязняющих веществ. Задача по расчету запыленности воздушной среды при земляных работах

решалась методом конечных элементов для несжимаемой жидкости и методом интегрирования уравнений Навье-Стокса для вязкой жидкости [3]. Расчет динамики распространения пыли осуществлялся по двум методам: с использованием явной и неявной численных схем.

Для решения была выбрана плоская задача в дискретной системе (x, y) . Уравнение переноса записывается в следующем виде:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}(u\rho) - \frac{\partial}{\partial y}(v\rho) + \frac{\partial}{\partial x}\left(D\frac{\partial \rho}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(D\frac{\partial \rho}{\partial y}\right) + Q - \alpha\rho, \quad (2)$$

где $u \equiv V_x, v \equiv V_y$ в направлениях x и y соответственно.

Проверка оптимальности решения по выбранной численной схеме осуществляется по условию: $\frac{h}{|\vec{V}|} > \delta \frac{h^2}{2D}$, где h – высота источника выброса, м; $\vec{V}$ –

скорость ветра, м/с; D – диаметр аэрозольной частицы, нм; $\delta=3$. Если данное условие выполняется, то используется неявная численная схема. Расчеты распространения пылевых частиц позволяют оценить концентрацию загрязнения на различных расстояниях от земляного линейного отвала, образующегося при рытье траншей. Они были использованы в методике моделирования динамики воздушных потоков при земляных работах (рис. 3).

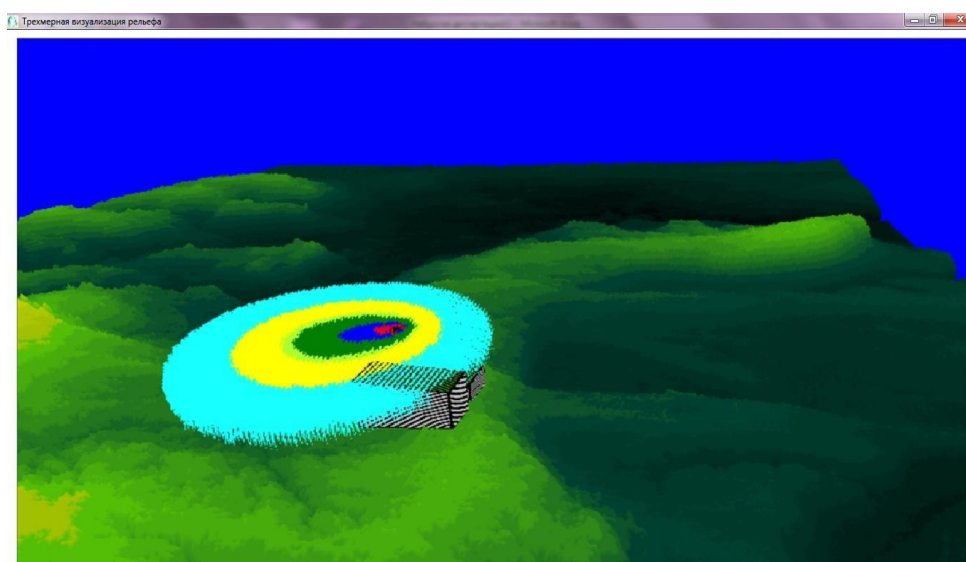


Рис. 3 - Результат расчета распространения загрязняющих веществ при земляных работах (ветер восточный)

Выводы.

1. Экспериментальные исследования с применением лабораторной аэродинамической трубы позволили получить уравнения регрессии для определения весовой доли пылевой фракции в материале и доли пыли, переходящей в аэрозоль, которые соответствуют коэффициентам K_1 и K_2 , существующей методики [4], в зависимости от скорости ветра, влажности и массы отвала.

2. Экспериментальные исследования, проведенные в лабораторной аэродинамической трубе подтвердили возможность использования для защиты окружающей среды вертикальных и горизонтальных ограждающих конструкций, которые способны максимально стабилизировать пылящие поверхности земляных отвалов независимо от характера ветровой нагрузки.

3. Уточнены динамические модели и получены зависимости, характеризующие концентрацию пыли в воздушной среде в зонах земляных отвалов, сложенных дисперсными грунтами. Проведенные расчеты с использованием математических моделей приземного слоя атмосферы и динамики загрязняющих примесей показали, что наибольший процент выноса пыли с грунтового отвала зависит от влажности грунта и размера отвала (массы).

4. Разработанное специализированное ГИС-приложение, включающее в себя интерфейс приложения и модуль для работы с картой и её объектами, а также модуль визуализации 2D и 3D карт и расчетов, позволяет строить двух- и трехмерную модель рельефа местности в различных вариантах отображения карты и объектов на карте. Приложение дает возможность моделировать динамику распространения примесей и аэрозолей с учетом внешних нестационарных факторов.

Список цитируемой литературы

1. Азаров, В.Н. О концентрации и дисперсном составе пыли в воздухе рабочих и обслуживаемых зон предприятий стройиндустрии // Междунар. конф. “Качество внутреннего воздуха и окружающей среды”. – Волгоград, 2003. – С. 1-7.
2. Barratt, B., Carslaw, D., Green, D., Fuller, G., Tremper, A. Evaluation of the impact of dust suppressant application on ambient PM 10 concentrations in London /King's College London, Environmental Research Group Prepared for Transport for London under contract to URS Infrastructure & Environment Ltd. – 2012. – P. 234-286.
3. Трохимчук, К.А., Храпов, С.С., Лапынин, Ю.Г., Малярчук, Ю.Д. Исследование динамики воздушных потоков при земляных работах в зонах антропогенной // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2 (часть 14). – С. 3065-3069.
4. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов / www.infosait.ru– Новосибирск, 2000. – 22 с.

© К.А. Трохимчук, 2018

УДК 621.313

ДИАГНОСТИКА МЕЖВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

*Д.О. Пустовой, e-mail:dpustovoi92@mail.ru, М.Ю. Петушков,
e-mail:m.petuyshkov@magtu.ru*

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск

В данной статье рассматривается методика диагностики наиболее распространенного дефекта асинхронного двигателя - межвитковое замыкание. Для моделирования его используется конечно-элементная модель асинхронного двигателя. Моделируется межвитковое замыкание путем изменения сопротивления в пазах статора одной фазы. Результаты моделирования обрабатываются с помощью непрерывного вейвлет преобразования. Данные полученные на действующем оборудовании подтверждают результаты моделирования.

Ключевые слова: межвитковые замыкания, асинхронный двигатель, конечно-элементная модель, вейвлет преобразование

**DIAGNOSTICS OF TURN SHORT CIRCUITS OF THE
ASYNCHRONOUS ENGINE
D.O. Pustovoi, M.Y. Petushkov**

In this article, turn short circuit, diagnostic tear of the most common defect of the asynchronous engine is considered. To simulate it, a finite element model of asynchronous engine is used. The turn short circuit is simulated by changing the resistance in the one phase stator slots. The simulation results are processed by continuous wavelet decomposition. The data obtained on the current equipment confirm simulation results.

Keywords: turn short circuits, asynchronous engine, finite-element model, wavelet decomposition

Как показали исследования [1] второй самый распространенный дефект асинхронных двигателей – межвитковое замыкание - 16%. В конечно-элементной модели асинхронного двигателя [3] эту неисправность можно смоделировать путем изменения величины сопротивления обмотки одной из фаз.

Математическое описание статорной обмотки двигателя:

Обмотки статора можно представить в виде эквивалентной схемы рис. 1.

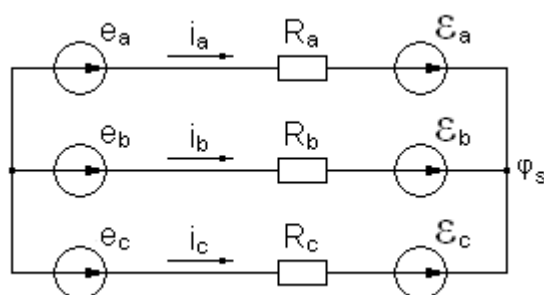


Рис. 1 - Эквивалентная схема статорных обмоток

ЭДС индукции ε_a , ε_b , ε_c наводимые переменным магнитным полем, в статорных обмотках можно представить, как сумму ЭДС, наводимых отдельно в каждом пазе статора:

$$\varepsilon_a = \sum_{i=1}^{\frac{N_s}{3}} \varepsilon_{ai} \cdot d_{ai}, \quad \varepsilon_b = \sum_{i=1}^{\frac{N_s}{3}} \varepsilon_{bi} \cdot d_{bi}, \quad \varepsilon_c = \sum_{i=1}^{\frac{N_s}{3}} \varepsilon_{ci} \cdot d_{ci}, \quad (1)$$

С помощью d_{ai} , d_{bi} , d_{ci} учитывается направление витков в каждом пазе статора. В нашем случае, когда число пар полюсов $p=3$, число обмоточных групп на фазу полюса $q=2$; обмотка однослойная, петлевая, соединение "звезда", получаем:

$$\begin{aligned} d_a &= (1 \quad 1 \quad -1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad -1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad -1 \quad -1); \\ d_b &= (-1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad -1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad -1 \quad -1 \quad 1 \quad 1); \\ d_c &= (1 \quad 1 \quad -1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad -1 \quad -1 \quad 1 \quad 1 \quad -1 \quad -1); \end{aligned} \quad (2)$$

Определим выражения для ЭДС под знаком суммы ε_{ai} , ε_{bi} , ε_{ci} в (1), то есть наводимых в каждом пазе статора. Обозначим площадь поперечного сечения паза статора $S_{n,cm}$, число витков, уложенных в паз W , площадь сечения одного витка $S_{вит}$. Поскольку витки соединены последовательно, то ЭДС, наводимая в катушке от рассматриваемого паза, будет определяться, как сумма ЭДС, наводимых в каждом витке данного паза [5]. Каждый виток можно рассматривать, как отдельный проводник, помещенный в переменное плоскопараллельное магнитное поле, следовательно, для него справедливо выражение $\varepsilon = \frac{l}{S} \int_s \left(-\frac{\partial A}{\partial t} \right) \cdot ds$. Тогда ЭДС,

наводимая в произвольном пазе статора переменным магнитным полем может быть выражена следующим образом:

$$\varepsilon_{n.cm} = \sum_{m=1}^W \left(\frac{l}{S_{\text{вум}} S_{\text{вум}}} \int \left(-\frac{\partial A}{\partial t} \right) dS \right)_m \quad (3)$$

Обозначим как $S_{n.cm.zan} = W \cdot S_{\text{вум}}$ площадь сечения паза статора, заполненную витками. Заменим сумму интегралов в (3) по площади каждого витка одним интегралом по площади $S_{n.cm.zan}$:

$$\varepsilon_{n.cm} = \frac{l}{S_{\text{вум}}} \sum_{m=1}^W \left(\int_{S_{\text{вум}}} \left(-\frac{\partial A}{\partial t} \right) dS \right)_m = \frac{l}{S_{\text{вум}}} \int_{S_{n.cm.zan}} \left(-\frac{\partial A}{\partial t} \right) dS$$

Полагая, что витки распределены равномерно по сечению паза, а площадь сечения витка много меньше площади паза, интеграл по площади, заполненной витками, можно заменить интегралом по площади сечения всего паза, помножив все выражение на коэффициент заполнения паза $S_{n.cm.zan}/S_{n.cm}$. После соответствующих преобразований получим выражение для ЭДС, наводимой в произвольном пазе статора:

$$\begin{aligned} \frac{l}{S_{\text{вум}}} \int_{S_{n.cm.zan}} \left(-\frac{\partial A}{\partial t} \right) dS &= \frac{l}{S_{\text{вум}}} \frac{S_{n.cm.zan}}{S_{n.cm}} \int_{S_{n.cm}} \left(-\frac{\partial A}{\partial t} \right) dS = \\ &= \frac{l}{S_{\text{вум}}} \frac{W \cdot S_{\text{вум}}}{S_{n.cm}} \int_{S_{n.cm}} \left(-\frac{\partial A}{\partial t} \right) dS = \frac{W \cdot l}{S_{n.cm}} \int_{S_{n.cm}} \left(-\frac{\partial A}{\partial t} \right) dS \\ \varepsilon_{n.cm} &= \frac{W \cdot l}{S_{n.cm}} \int_{S_{n.cm}} \left(-\frac{\partial A}{\partial t} \right) dS \end{aligned} \quad (4)$$

Применив метод узловых потенциалов при условии равенства сопротивлений обмоток статора $R_a = R_b = R_c$, определим токи во всех ветвях схемы рис. 1:

$$\begin{aligned} \varphi_s &= \frac{e_a + e_b + e_c + \varepsilon_a + \varepsilon_b + \varepsilon_c}{3}, \\ I_a &= \frac{e_a + \varepsilon_a - \phi_s}{R_a}, \quad I_b = \frac{e_b + \varepsilon_b - \phi_s}{R_b}, \quad I_c = \frac{e_c + \varepsilon_c - \phi_s}{R_c} \end{aligned} \quad (5)$$

Поскольку площади сечения пазов статора равны, то плотность тока в любом пазу одной и той же фазы будет одинакова по модулю, и будет отличаться только по знаку в зависимости от направления витков внутри данного паза. Кроме того, плотность тока в любом конечном элементе внутри сечения одного и того же паза статора также одинакова [3]. Выражения для плотностей токов внутри i -го паза каждой фазы АД:

$$j_{ai} = \frac{I_a \cdot W}{S_{n.cm}} d_{ai}, \quad j_{bi} = \frac{I_b \cdot W}{S_{n.cm}} d_{bi}, \quad j_{ci} = \frac{I_c \cdot W}{S_{n.cm}} d_{ci} \quad (6)$$

В качестве результатов расчетов изменения величины сопротивления обмотки статора получены обобщенные вектора статорных токов [5].

В качестве аппарата обработки, обобщенного вектора токов, выбрано непрерывное вейвлет преобразование CWT из пакета *MatLab* [1]. Под непрерывным вейвлет-преобразованием (CWT), понимают приведение сигналов и функций к

аналитическому виду. При преобразовании данных на ЭВМ они вводятся как дискретные, т.е. рядом результата измерения. При дискретизации выполненной корректно и, если максимальные частоты данных не превышают частоты Найквиста, то можно восстановить аналоговую форму сигнала. Примечательно, что при обработке данных в аналоговой форме с применением аналитических методов не дает преимуществ перед применением цифровых методов [2]. Чаще всего применяют замену аналитического метода дискретным аналогом с использованием малого шага дискретизации. Применительно к SWT, так как мы используем только анализ сигнала, без последующего его синтеза, то дискретизация сигнала выполняется с любой частотой, даже если она не удовлетворяет критерию Найквиста.

Континуальный вейвлет-анализ можно представить мощным инструментом временного и спектрального анализа, с помощью которого можно построить частотно-временные характеристики сигнала, раскрывающие природу не только самого сигнала, но и его составляющих. Характерные особенности присущие континуальному вейвлет-анализу следующие:

- Во-первых, сигнал в спектральной области представляется трехмерным. Такое представление избыточно и может напоминать изображение детали, как на эпюре Монжа: при этом эпюр не может вносить в деталь конструктивных изменений, но существенно увеличивает объем информации о ней. Подобное представление обеспечивает, обслуживающий персонал, необходимой информацией, как о временных, так и о спектральных характеристиках сигнала.

- Во-вторых, отличительной чертой является возможность уменьшения избыточной информации, алгоритмами сжатия и выделения сигнала из шума, введением методов статистического анализа. Процедуры синтеза вейвлет-спектра сигнала и его последующее сжатие, позволяют использовать гибкость вейвлет-анализа средствами применения специализированных функций.

Если рассматривать неисправность как флуктуационный процесс на контактах компонентов электрической цепи, собственно «шумом», как и все кратковременные особенности обобщенного вектора тока, то они и создают высокочастотные составляющие спектра. Следовательно, шумовая компонента сигнала больше отражается в детализирующих коэффициентах d_n . Отсюда следует, что для удаления шума следует специальным образом обработать детализирующие коэффициенты. Обычно уровень шумовой компоненты меньше по модулю, чем у основного сигнала. Простейший способ удаления шума, сделать нулевыми значения детализирующих коэффициентов, которые по величине меньше некоторого порогового значения.

На рис. 2 приведен пример включения окна одномерных сигналов.

Через меню File → Load data density estimation загружен сигнал пуска исправного асинхронного двигателя (график вверху слева). В правой части окна на панели управления устанавливается тип вейвлета (Wavelet) и количество уровней разложения (Level). После нажатия кнопки “Decompose” выполняется вейвлет-преобразование, и на графики в левой половине графической части окна выводятся функции детализирующих коэффициентов d_n всех заказанных уровней и аппроксимирующие коэффициенты a_n последнего уровня.

Как можно видеть на рис. 3, в этом окне для любого уровня разложения (переключатель "Level") можно разделить весь интервал коэффициентов на несколько подинтервалов (переключатель "Number") и непосредственно мышью на экране установить границы подинтервалов и пороговые уровни режекции шумов.

По умолчанию, разделение на подинтервалы появляется при этом и на всех уровнях основного окна (рис. 3), после чего изменение уровней может производиться аналогично непосредственно на графиках основного окна. Как видно из рис. 3 один пороговый уровень и не превышает значения $\pm 0,015$. Это можно интерпретировать как уровень сигнала исправного двигателя. При изменении сопротивления на 10% одной из обмоток, после аналогичных преобразований получаем сигнал (рис. 4) имеющий два интервала, причем второй имеет уже пороговые значения в два раза превышающие значений исправного двигателя.

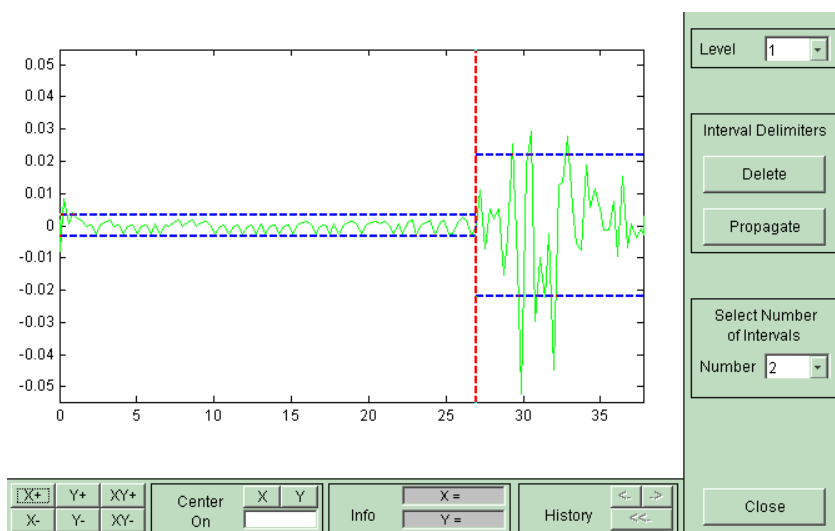


Рис. 4 – График детализирующих коэффициентов при изменении сопротивления одной из обмоток на 10%

После установки порогов режекции шумов нажимается кнопка "De-noise", и на правой части графического окна появляются графики детализирующих коэффициентов после селекции, а в верхней части окна - график реконструкции сигнала по этим коэффициентам и график исключенной из входного сигнала части. Сигнал реконструкции можно записать на диск в mat-форме.

Исследования процессов пуска различных асинхронных двигателей механизмов горно-обогатительного производства ОАО ММК позволил набрать обширный статистический ряд обобщенных векторов пуска. Были обследованы двигатели от 2,2 кВт (двигатель вытяжной вентиляции поста сварки) до двигателя 132 кВт (вентилятор) (общее количество двигателей составило более 50 шт.), с периодичностью раз в квартал, начиная с февраля 2010 года [4].

На рис. 5 представлено разделение на подинтервалы сигнала обобщенного вектора тока двигателя насоса 45кВт. Как видно подинтервалов 6 с различными величинами пороговых значений. Было сделано предположение, что развивается межвитковое замыкание. Замеры сопротивлений обмоток показали, что сопротивление обмотки фазы С отличается от остальных на 28%. Через 2 недели эксплуатации он вышел из строя по причине межвиткового замыкания.

Таким образом, установлено, что изменение сопротивления обмотки статора приводит к появлению дополнительных подинтервалов в сигнале обобщенного

вектора тока обработанного в непрерывном вейвлет преобразовании SWT. При изменении сопротивления на 10% появляются два подинтервала. Результаты аналитических исследований подтверждены экспериментальными исследованиями.

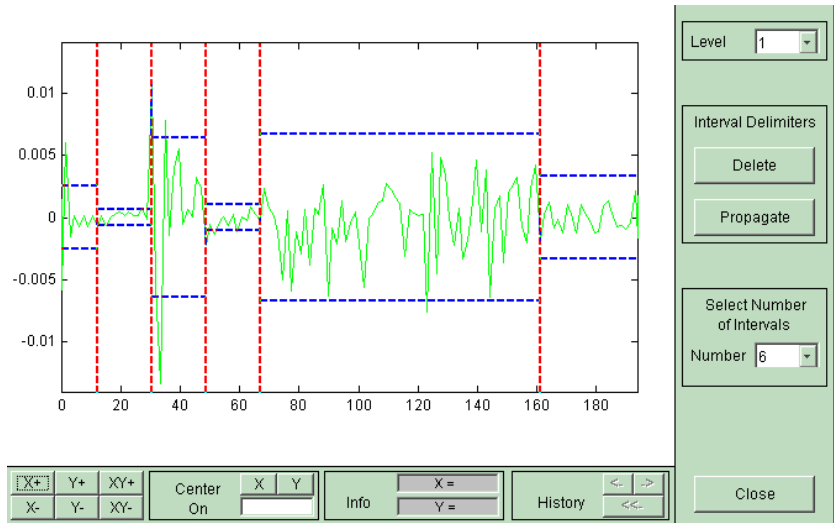


Рис. 5 – Сигнал обобщенного вектора тока с разделением на подинтервалы

При проактивном диагностировании знание о начале возникновения аварийной ситуации, правильном классификаторе дефектов, позволяет заблаговременно создать резерв оборудования и сократить время вынужденного простоя.

Список цитируемой литературы

1. Сарваров А.С., Петушков М.Ю., Купцов В.В. Современные методы диагностирования асинхронных двигателей и их развитие. – Магнитогорск, 2010.
2. Белоусов О.С., Кузников Е.В., Петушков М.Ю. Комплексная цифровая диагностика промышленного оборудования в режиме реального времени // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2013. Т. 2. №71. С. 30-32.
3. Купцов В.В., Петушков М.Ю., Сарваров А.С. Разработка метода диагностирования асинхронного двигателя на основе конечно-элементной модели // депонированная рукопись № 341-B2010 07.06.2010.
4. Петушков М.Ю., Валяева А.М., Сарваров А.С. Причины и характер отказов асинхронных электродвигателей горно-обогатительного производства и пути их снижения // Главный энергетик. 2013. № 9. С. 19.
5. Сарваров А.С., Петушков М.Ю., Купцов В.В. Токовая диагностика как метод контроля технического состояния асинхронных двигателей // В сборнике: Реконструкция промышленных предприятий - прорывные технологии в металлургии и машиностроении Материалы конференции, состоявшейся в рамках III Международного промышленного форума. М-во промышленности и природных ресурсов Челябинской области. 2010. С. 82-86.

© Д.О. Пустовой, М.Ю. Петушков, 2018

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
НЕЛИНЕЙНОГО ПАРАМЕТРА В БИООБЪЕКТЕ
ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ**

А.Ю. Вареникова, e-mail: avarenikova@sfedu.ru,

Н.Н. Чернов, e-mail: nnchernov@sfedu.ru,

Южный федеральный университет, г. Таганрог

В данной статье рассматривается математическое моделирование метода восстановления значений акустического нелинейного параметра второго порядка в точке среды с целью ультразвуковой визуализации внутренней структуры биологического объекта. Предлагается построение внутренней структуры исследуемого объекта на основе измерения амплитуды колебательной скорости второй гармоники акустической волны, прошедшей через биологическую среду. Для определения значения нелинейного параметра в точке использована функция Грина, описывающая точечный источник в среде. Рассматривается классическая задача визуализации с учетом особенностей нелинейного взаимодействия ультразвуковой волны с биологическими объектами.

Ключевые слова: нелинейный акустический параметр, амплитуда колебательной скорости второй гармоники, ультразвуковая визуализация, внутренние структуры объекта.

**MATHEMATICAL MODELING METHOD FOR THE DETERMINATION OF
THE NONLINEARITY PARAMETER IN BIOLOGICAL OBJECTS FOR
VISUALIZATION PURPOSES**

A.Y. Varenikova, N.N. Chernov

Southern federal university, Taganrog

In this paper, the mathematical modeling method of recovering the values of acoustic nonlinearity parameter of the second order at the point of the environment to ultrasound imaging of the internal structure of a biological object. Proposed construction of internal structure of the test object based on the measurement of the amplitude of the vibrational velocity of the second harmonic of the acoustic waves transmitted through the biological environment. To determine the value of the nonlinear parameter used in the point green function that describes a point source in the environment. We consider the classical problem of imaging with the features of the nonlinear interaction of ultrasonic waves with biological objects.

Keywords: nonlinear acoustic parameter, the amplitude of vibrational velocity of the second harmonic ultrasound imaging, the internal structure of the object.

Ультразвуковые методы интроскопии широко применяются в практике визуализации внутренних структур биологических объектов, так как являются более безопасными и доступными по сравнению с другими методами неинвазивной диагностики, основанными на взаимодействии излучения с исследуемым объектом [1].

Существенным недостатком данных методов, основанных на физических принципах линейной акустики, является малая информативность для диагностики патологий на ранних стадиях заболеваний. Это обусловлено тем, что патологические изменения слабо отражаются на изменении линейных акустических характеристик внутренних структур биологического объекта [2].

В тоже время нелинейные акустические параметры более чувствительны к изменениям структуры биологической среды и несут дополнительную информацию о нелинейных свойствах тканей, которая не содержится в линейных акустических характеристиках [3].

Во многих исследованиях приводятся различные схемы восстановления картины распределения нелинейного параметра в исследуемом объекте. В основном данные схемы основаны на параметрическом взаимодействии двух или трех

неколлинеарных волн [4-7]. В меньшей степени, развитие получили схемы, основанные на измерении амплитуд колебательных скоростей высших гармоник [8-10]. В частности, остается открытым вопрос получения значения нелинейного параметра в точках среды.

В работе рассматривается математическая модель метода восстановления нелинейного параметра второго порядка в точках исследуемого объекта на основе распределения амплитуды колебательной скорости второй гармоники ультразвуковой волны.

Для определения значения нелинейного параметра второго порядка в среде воспользуемся вторым приближением уравнения Бюргерса:

$$v = \frac{\varepsilon \cdot Re \cdot v_0}{2} (e^{-2\alpha x} - e^{-4\alpha x}) \sin 2\omega t \quad (1)$$

Перепишем данное выражение и выразим нелинейный параметр:

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot v}{Re \cdot v_0 \cdot (e^{-2\alpha x} - e^{-4\alpha x}) \cdot \sin 2\omega t} \quad (2)$$

Для построения схемы визуализации на основе нелинейного параметра необходимо получить значение нелинейного параметра в точке среды, так как данный показатель является непосредственной характеристикой исследуемой среды. Чтобы получить искомые значения применим функцию Грина, описывающую точечный источник в среде:

$$G = (\vec{r}_M / \vec{\rho}) = \frac{e^{-jk|\vec{r}_M / \vec{\rho}|}}{|\vec{r}_M - \vec{\rho}|}, \quad (3)$$

где $\vec{r}_M$ – радиус-вектор точки наблюдения, $\vec{\rho}$ – радиус-вектор источника излучения.

Далее запишем выражение для значения нелинейного параметра в точке в следующем виде:

$$W(\varepsilon)_x = \varepsilon(v) * G(x_H / x_H), \quad (4)$$

$$W(\varepsilon)_x = \frac{2 \cdot v}{Re \cdot v_0 \cdot (e^{-2\alpha x} - e^{-4\alpha x}) \cdot \sin 2\omega t} * \frac{e^{-jk|x_H / x_H|}}{|x_H - x_H|} \quad (5)$$

где $\varepsilon(v)$ – функция, описывающая зависимость нелинейного параметра от колебательной скорости частиц среды, $G(x_H / x_H)$ – функция Грина для одной координаты, в нашем случае для x , x_H – координата x точки наблюдения, x_H – координата x точки источника.

Аналогично запишем выражение для координаты y :

$$W(\varepsilon)_y = \varepsilon(v) * G(y_H / y_H), \quad (6)$$

$$W(\varepsilon)_y = \frac{2 \cdot v}{Re \cdot v_0 \cdot (e^{-2\alpha y} - e^{-4\alpha y}) \cdot \sin 2\omega t} * \frac{e^{-jk|y_H / y_H|}}{|y_H - y_H|} \quad (7)$$

Известно, что классическая задача томографии состоит в том, чтобы по имеющемуся образу функции $R(\zeta, \xi)$ восстановить функцию $O(x, y)$, характеризующую исследуемый объект.

Восстанавливаемая область в биологическом объекте облучается плоской волной под определённым углом ξ , а с противоположной стороны исследуемого объекта на оси ζ измеряются характеристики прошедшей волны, формирующей радоновский образ функции неоднородностей (рисунок 1).

На основе преобразования Радона, теоремы о центральном сечении и решении системы краевых интегралов были получены численные значения амплитуды колебательных скоростей второй гармоники на выходе из исследуемого объекта. Был создан массив значений, соответствующих данным амплитуд колебательных скоростей второй гармоники, разложенным по осям абсцисс и ординат (таблицы 1 и 2).

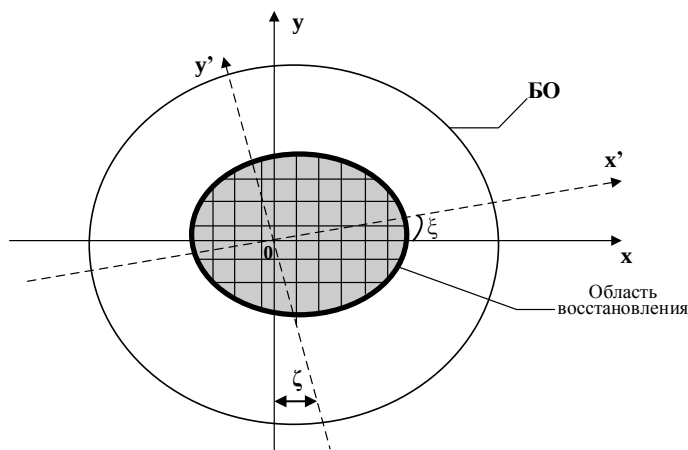


Рис. 1 – Схема классической задачи томографии

Таблица 1

Массив значений колебательных скоростей v по оси абсцисс, м/с

0.01	0.02	0.05	0.08	0.07
0.01	0.03	0.06	0.09	0.06
0.02	0.04	0.07	0.08	0.05

Таблица 2

Массив значений колебательных скоростей v по оси ординат, м/с

0.01	0.03	0.05	0.09	0.06
0.01	0.03	0.06	0.1	0.04
0.02	0.04	0.07	0.07	0.03

По полученным формулам (5) и (7) было восстановлено распределение нелинейного параметра второго порядка, характеризующего структуру изучаемого объекта. Полученные значения представлены на рисунке 2.

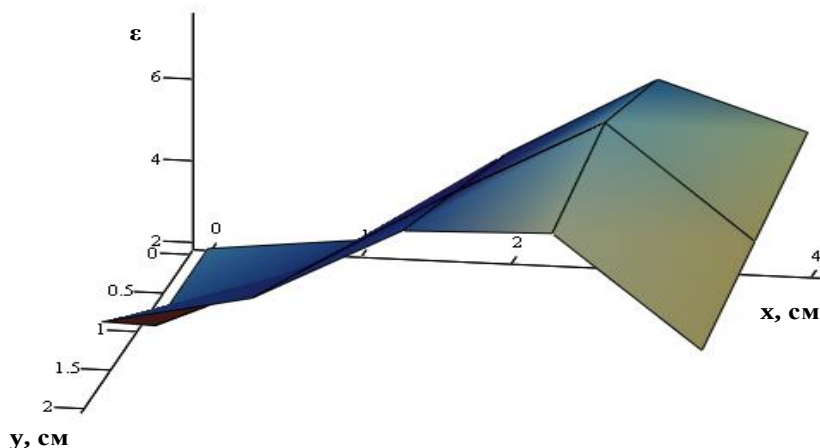


Рис.2-Распределение нелинейного параметра в выбранном сечении в исследуемой среде

На рисунке 2 представлены результаты численного моделирования распределения нелинейного параметра в исследуемом биологическом объекте, отображена восстановленная структура биологического объекта в выбранном сечении.

Таким образом, можно сказать, что представленная математическая модель метода определения нелинейного параметра в биообъекте позволяет строить структуру изучаемого биологического объекта для его последующей визуализации.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-00-0374

Список цитируемой литературы

1. Вареникова А.Ю. Чернов Н.Н. Исследование влияния объемных параметров нелинейной биологической среды на распределение колебательной скорости частиц среды // Известия ЮФУ. Технические науки., 2017. №8 – с.99-107
2. Вареникова А.Ю. Чернов Н.Н. Ультразвуковые томографы для диагностики переломов и внутренних кровотечений // Системы обеспечения техносферной безопасности: материалы IV Всероссийской конференции и школы для молодых ученых (с международным участием) (Таганрог, Россия, 11-15 сентября 2017 г.) – Таганрог: ЮФУ, 2017. – 271 с.
3. Вареникова А.Ю., Чернов Н.Н. Исследование прохождения акустической волны в биологических жидкостях с высокой нелинейностью. V Всероссийская молодежная школа-семинар «Инновации и перспективы медицинских информационных систем ИПМИС-2016», 19-22 декабря 2016, г. Таганрог. – с. 69-72
4. Буров В.А., Крюков Р.В., Румянцева О.Д., Шмелев А.А. Проблемы использования нелинейных коллинеарных процессов в акустической томографии третьего порядка. Акустический журнал, 2012, т. 58, №1, с 57-79.
5. Буров В.А., Зотов Д.И., Румянцева О.Д. Восстановление пространственных распределений скорости звука и поглощения в фантомах мягких биотканей по экспериментальным данным ультразвукового томографирования. Акустический журнал, 2015, т. 61., 2, с. 254-273
6. Буров В.А., Шмелёв А.А., Крюков Р.В., Румянцева О.Д. Роль нелинейных взаимодействий в акустической томографии третьего порядка. Акустический журнал, 2015, т. 61, №6, с 669-684.
7. Буров В.А., Шмелев А.А. Численное и физическое моделирование процесса томографирования на основе акустических нелинейных эффектов третьего порядка. Акустический журнал, 2009, т. 55, №4-5, с. 466-480.
8. Руденко О.В. Нелинейные волны: некоторые биомедицинские приложения. Успехи физических наук, 2007, т. 177, № 4, с. 374-383.
9. Gong X, Liu X., Zhang D. Study of third-order nonlinear parameter C/A for biological specimens//Nonlinear Acoustics – Fundamental and Applications (Proceedings of 18th International Symposium on Nonlinear Acoustics). Ed. Enflo B.O., Hedberg C.M., and Kari L, Melville, New York: American Institute of Physics, 2008, p. 444-447
10. Ruiter N.V., Zarf M., Hopp T., Dapp R., Gobel G. 3D ultrasound computer tomography (USCT)// European Radiology. 2009. V. 19. Suppl. 4. P. S913-S918.

© А.Ю. Вареникова, Н.Н. Чернов, 2018

УДК 621.3.019., 621.391.24

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ОСНОВЫ СТРЕСС-ТЕСТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ РАДИОЭЛЕТКРОННЫХ СИСТЕМ АВИАКОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

И. Н. Тройченко, А. В. Ильченко, А. П. Самойленко,

Н. Н. Кисель, nitelab@mail.ru

Инженерно-технологическая академия Южного федерального университета

Представленная работа посвящена разработке фундаментальных принципов стресс-тестирования состояния РЭС авиакосмического назначения, исследованию нетрадиционных статистических методов обработки диагностической информации, представленной выборочными данными ограниченного объема о выбросах значений контролируемых параметров за допусковые зоны, оптимизации процесса диагностики и адаптации системы к реальной структуре диагностических данных, на основе которых осуществляется построение статистической модели оценки состояния РЭС, функционирующих в случайных нестационарных режимах, а также общей модели надёжности.

Ключевые слова: стресс-тестирование, диагностика, оценка состояния, модель надёжности.

FUNDAMENTAL AND APPLIED PRINCIPLES OF STRESS TESTING OF RADIO-ELECTRONIC STATES OF AEROSPACE SYSTEMS

I. N. Troychenkov, A. V. Ilchenko, A. P. Samoylenko, N. N. Kisel

Engineering and Technology Academy of Southern Federal University

The presented work is devoted to the development of the fundamental principles of stress testing of the state of aerospace radio electronics systems, research of non-traditional statistical methods for processing diagnostic information, represented by selective data of a limited volume about emissions of the controlled parameters values for the tolerance zones, optimization of the diagnostic process and adaptation of the system to the real structure of diagnostic data, on the basis of which the construction of a statistical model for estimating the state of radio electronics systems, functioning in random non-stationary modes and general model of reliability.

Keywords: stress testing, diagnostics, state estimation, reliability model.

Введение

В авиакосмической индустрии в условиях постоянного увеличения количества сложных дорогостоящих радиотехнических систем все более широкое применение находят методы контроля и диагностики состояния бортовых радиоэлектронных систем (БРЭС), которые предназначены для обеспечения надежности и безотказности функционирования БРЭС, продление срока работоспособного функционирования и сокращению затрат на ремонт. Однако, ввиду участвовавших в последнее время непредвиденных аварий, можно говорить о том, что имеющиеся на данный момент системы контроля и диагностики состояний БРЭС не справляются с возложенной задачей.

Разработка современных БРЭС на каждом этапе жизненного цикла должна обязательно сопровождаться оценкой надежности [1-4], которая проявляет себя в полной мере только в период эксплуатации и проведения натурных испытаний. Так как БРЭС относятся к классу изделий, наделенных априорно высокими показателями надежности, то определение надежностных характеристик на основании анализа эмпирических данных результатов испытаний чрезвычайно затруднительно ввиду критически малого количества извлеченной информации.

Чтобы была возможность использовать для обработки инструментарий классической статистики необходимо такое количество эмпирических данных, при котором длительность проведения испытаний должна превышать десятки лет при условии участия тысячи и более опытных образцов. Очевидно, что при подобном подходе приобретенная информация устаревает в связи с быстрым техническим прогрессом.

Постоянно ужесточающиеся требования к показателям надежности БРЭС авиакосмического назначения привели к возникновению потребности в инновационных способах извлечения необходимой информации о системах подобного класса за более короткий промежуток времени с применением малого числа образцов.

Актуальность проблемы

Анализ имеющихся на данный момент моделей расчета надежности позволяет сделать ряд выводов:

- синтез моделей требует значительных объемов данных, временных и материальных ресурсов при проведении испытаний;
- модели не учитывают возможность сокрытия истинных механизмов отказов и возникновения новых источников, которые не проявляются при номинальных уровнях воздействующих факторов;

- трудно установить связь между показателями надежности БРЭС в форсированных режимах и в условиях реального масштаба времени протекания деградиционных процессов, определяющих реальную надежность БРЭС.

В этом плане альтернативным решением видится разработка и совершенствование технологии стресс-тестирования, сущность которой заключается в применении форсируемых испытаний [5,6] с возможностью имитации таких управляемых стрессовых воздействий окружающей среды, как вибрационные, тепловые, радиационные, электромагнитные воздействия, с целью измерения отклика БРЭС с дальнейшим его обработкой, анализом и последующим формированием надежностной модели таким образом, чтобы максимально сохранить ресурс работоспособности.

Постановка задачи

Будем полагать, что отклик исследуемого параметра на стрессовое воздействие будет являться отображением физического состояния структуры элементов твердотельной электроники, поэтому такой метод оценки состояния исследуемого объекта можно отнести к разряду физико-статистических подходов.

Ввиду вышесказанного, целью работы является синтез модели надежности БРЭС авиакосмического назначения, которая основывается на физико-статистическом методе измерения характеристик надежности в базисе стресс-тестирования.

Поскольку откликом на стресс-воздействие по определенному параметру БРЭС будет серия выбросов траекторий движения этого параметра, поэтому математическим базисом будет прикладная теория выбросов случайных процессов [7], а статистическая обработка серии выбросов траекторий исследуемого параметра основывается на математическом аппарате обработки выборок критически малого объема [8].

Источником информации является результат контроля и диагностики траекторий движения параметров, которые под воздействием имитируемых стрессовых ситуаций будут отклоняться от априорно заданных допусковых границ.

Теоретическая часть

Особенность физико-статистического подхода к синтезу моделей надежности заключается в том, что выбросы траекторий движения контролируемых параметров отражают внутреннее состояние БРЭС, ее реакцию и поведение в стрессовой ситуации. Не вызывает сомнений зависимость траектории движения параметров от внутренних деградиционных процессов внутри БРЭС, которые определяются качеством технологии производства, стрессовым режимом, корреляционными зависимостями между параметрами и так далее. Таким образом, диагностическим параметром технологии стресс-тестирования является выброс случайного процесса за пределы границ допуска и его характеристики.

Так как изменение траекторий движения параметра БРЭС носит случайный характер, то задача оценки надежности по этому же параметру может быть сведена к определению вероятностных характеристик выбросов, а именно их амплитуд A_i и длительностей τ_i .

Ввиду ряда особенностей БРЭС авиакосмического назначения в реальных условиях эксплуатации возможно зарегистрировать ограниченное количество выбросов. В связи с этим необходимо привлекать инструментарий прикладной теории статистики малых выборок.

Пусть состояние БРЭС отображается набором из n контролируемых параметров $x_i(t, \xi, S)$ при $i = \overline{1..n}$, которые имеют априорно определенные верхние рабочие x_i^e и аварийные $x_i^{e.ав}$ диапазоны граничных (пороговых) значений, нижние рабочие x_i^h и аварийные $x_i^{h.ав}$ диапазоны граничных значений; ξ – режим функционирования, S – динамическое состояние. Преодоление i -м параметром порога x_i^e соответствует переходу системы в нештатный режим работы. В результате преодоления i -м параметром порога $x_i^{e.ав}$, снизится надежность БРЭС по i -му параметру, то есть преодоление аварийного порога при стресс-тестировании недопустимо. Интерес представляет промежуточная область $[x_i^e, x_i^{e.ав}]$, в которой будут отслеживаться выбросы.

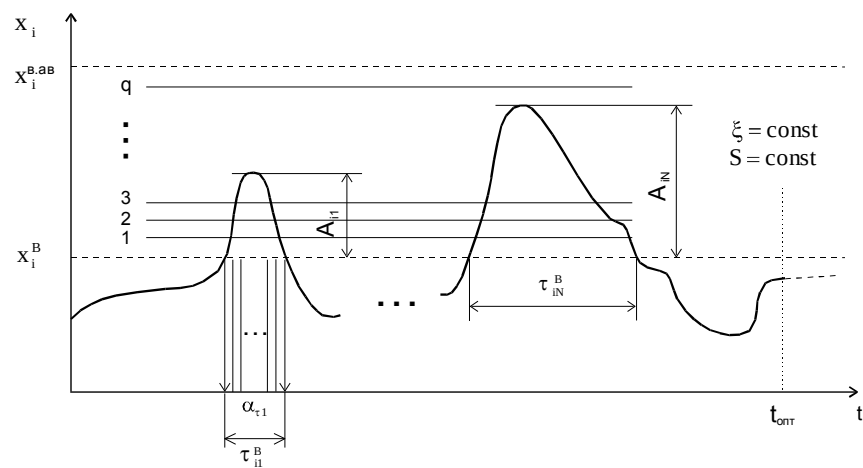


Рис. 1 – Измерение параметров выбросов в диапазоне $[x_i^e, x_i^{e.ав}]$

Рассматриваемый класс объектов является малоиннерционным и проявляет тенденции к быстрой смене состояний. В связи с этим, на практике может быть зафиксировано не более 10-15 выбросов, что исключает возможность обработки данных подобного объема методами классической статистики.

Технология стресс-тестирования опирается на область статистики, методы которой адаптированы для работы с малыми выборками. Полученные в результате контроля БРЭС значения параметров в виде стохастических выборок амплитуд $\{A\}$ и длительностей $\{\tau_i\}$ необходимо обработать статистическими методами, которые адаптированы для работы с малым количеством эмпирических данных [9]:

- метод аддитивной аппроксимации:

$$f^*(x) = \frac{1}{n+1} \left\{ f_0(x) + \sum_{i=1}^n \psi_{x_i}(x) \right\},$$

где n – объем выборки; $f_0(x)$ – априорная плотность распределения значения контролируемого параметра $x_i(t)$ на априорно заданном интервале $[x_i^e, x_i^{e.ав}]$; $\psi_i(x)$ – базисные функции стандартных симметричных распределений, называемых вкладами.

- метод интерполяции в базисе стандартных полиномов;
- метод имитационного моделирования;
- возможно использование порядковой и ранговой математических статистик.

Финалом статистического анализа является определение двумерной плотности распределения $f(A_i, \tau_i)$, которая характеризует уход траектории движения i -го параметра из зоны штатного пребывания с границами $[x_i^{\text{н}}, x_i^{\text{г}}]$. Считая, что в общем случае амплитуда и длительность выброса являются зависимыми величинами, тогда плотность распределения определяется следующим образом:

$$f(A_i, \tau_i) = f(\tau_i)f(A_i/\tau_i) = f(A_i)f(\tau_i/A_i),$$

где $f(A_i)$ – плотность распределения амплитуд выбросов; $f(\tau_i/A_i)$ – условная плотность распределения длительности выброса амплитуды A_i .

В случае если амплитуда и длительности выбросов независимы, то формула примет вид

$$f(A_i, \tau_i) = f(\tau_i)f(A_i).$$

Ввиду ограниченности эмпирических данных с целью повышения достоверности результатов статистического анализа целесообразно проводить параллельную обработку выборок с последующим сравнением и выбором адекватной модели.

Синтез статистической модели

На основе вышеприведенных рассуждений появляется возможность синтезировать статистическую модель как одного параметра или нескольких параметров, так и всей БРЭС в целом.

Поскольку БРЭС эксплуатируется в случайных нестационарных режимах, то сформировать модель i -го параметра можно с помощью неоднородной марковской модели надежности (рис.2). Введем 3 состояния: S_0 – параметр находится в области штатного пребывания, S_1 – параметр находится в области нештатного пребывания, S_2 – параметр пересек аварийную границу; $\lambda_0(t)$, $\lambda_1(t)$ – интенсивность постепенного отказа, $\lambda_2(t)$ – интенсивность мгновенного отказа. Интенсивности $\eta_1(t)$ и $\lambda_0(t)$ являются интенсивностями пересечения траектории параметров квантованного диапазона. Интенсивности $\lambda_i(t)$ рассчитываются по формуле:

$$\lambda_i(t) = \frac{f(A_i, \tau_i)}{F(A_i, \tau_i)},$$

где $f(A_i, \tau_i)$ – двумерная плотность распределения; $F(A_i, \tau_i)$ – двумерная функция распределения.

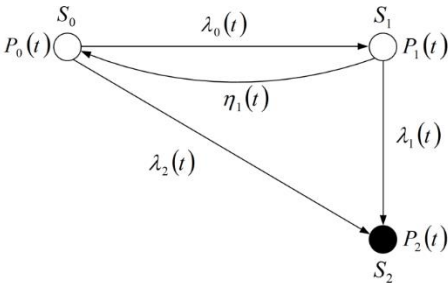


Рис. 2 – Граф состояний i -го параметра

Граф строится по результатам анализа выборок ограниченного объема выбросов траекторий контролируемого параметра. Количество вершин графа зависит от числа градация состояний БРЭС, то есть от шага квантования q .

Зависимость вероятностных характеристик от времени, а именно, вероятность пребывания в S_i -ом состоянии, определяется решением соответствующей

графу состояний системы дифференциальных уравнений Колмогорова-Чепмена, которая для приведенного графа имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda_0(t)P_0(t) - \lambda_2(t)P_0(t) + \eta_1(t)P_1(t) \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = \lambda_0(t)P_0(t) - \lambda_1(t)P_1(t) - \eta_1(t)P_1(t) \end{cases}$$

По результатам решения определяются надежности по каждому параметру. Плотности вероятности и функции распределения могут быть определены с помощью вышеприведенных методов аддитивной аппроксимации, имитационного моделирования, интерполяции стандартными полиномами.

Используя априорную информацию об функциональных, информационных, корреляционных связях параметров БРЭС по определенному стрессовому воздействию (радиационному, гравитационному, тепловому, электромагнитному и другим) разрабатывают интегральную модель оценки надежности состояния БРЭС, синтез которой целесообразно осуществлять на основе анализа конкретной архитектуры.

В источнике [10] авторами была предложена обобщенная структурная схема адаптивной системы диагностики по фактическому состоянию неравновесных объектов (рис.3).

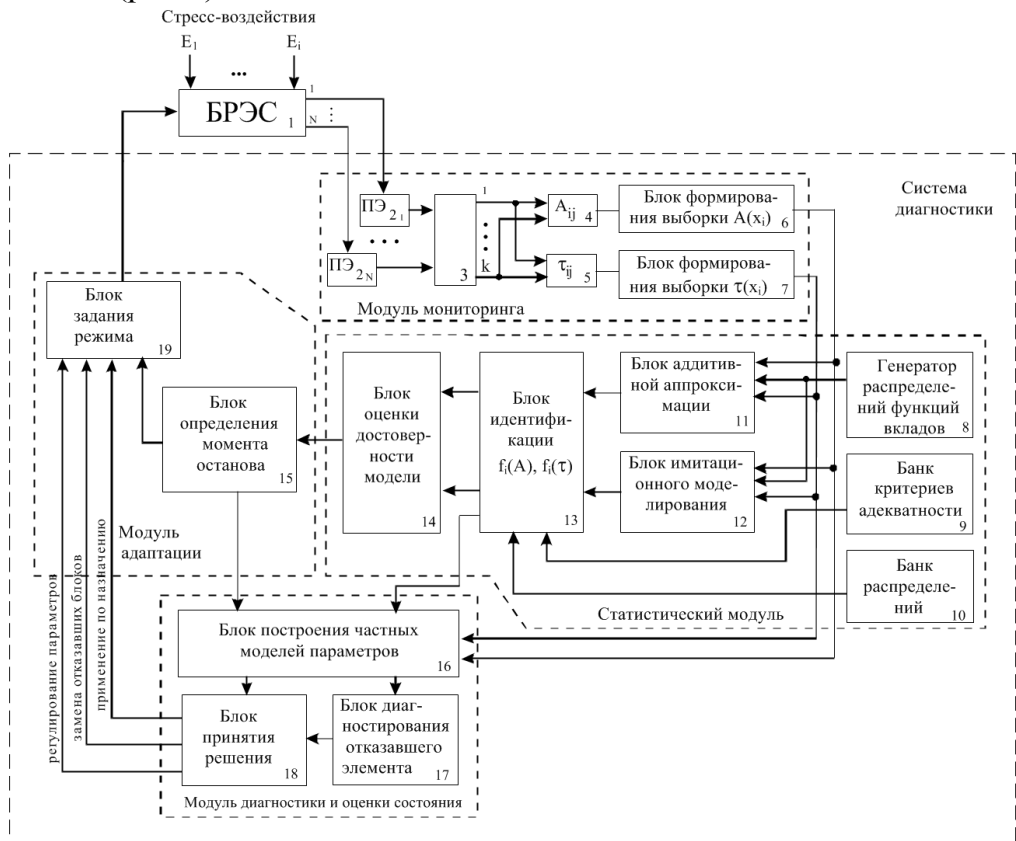


Рис. 3 – Обобщенная структурная схема адаптивной системы статистической диагностики по фактическому состоянию БРЭС

Структурная схема отражает все вышеизложенные принципы оценки состояния параметров БРЭС с выбросами значений контролируемых параметров за допусковые зоны, в функции которой входит:

- использование специальных методов непрерывного контроля работоспособности;
- адаптация к структуре данных;
- оптимизация процесса диагностики;
- диагностика неисправностей;
- принятие адекватных решений в условиях критически малого объема необходимой информации на основе частных моделей отдельных параметров и общей модели БРЭС.

Выводы

Таким образом, стресс-тестирование БРЭС может быть положено в основу формирования физико-статистической надежностных моделей, реализующих измерения в режиме реального времени испытаний на основе прикладной теории выбросов случайной функции. Основные показатели надежности оцениваются по результатам обработки статистическим данным ограниченного объема. Математическим базисом предложенных моделей выступают прикладная теория выбросов случайных функций и теория статистики малых выборок.

Основными путями дальнейшего развития предложенных моделей является разработка эффективных статистических алгоритмов, направленных на оценку интенсивности пересечения траекториями движения параметров уровней квантования; на оценку амплитуды выбросов и длительностей пребывания траектории параметра над заданными уровнями.

Список цитируемой литературы

1. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008.
2. Самойленко А.П., Паныхев А.И., Паныхев С.А. Метод оценки надежности комплекса радиоэлектронного оборудования летательного аппарата // Известия ЮФУ. Технические науки. №3 (164). 2015. С.102-110.
3. Samoilenko A.P., Panychev A.I., Panychev S.A. Statistical Diagnostics of Irreversible Avionics As a Controlled Random Process // 2016 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBON). DOI: 10.1109/SIBON.2016.7491722.
4. Samoilenko A.P., Panychev A.I., Panychev S.A. Design Principles of Integrated Criteria for the Evaluation off Effectiveness of Control Systems Survivability Avionics // Proceeding of IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2016). Yerevan, October, 14-17, 2016. pp. 252-255.
5. Перроте А.И., Карташов Г.Д., Цветаев К.И. Основы ускоренных испытаний радиоэлементов на надежность. – М.: Советское радио, 1968.
6. Breuer T., Krenn G., Pistivcak F. Stress Tests, Maximum Loss, and Value at Risk, 2002.
7. Тихонов В.И., Хименко В.И. Выбросы траекторий случайных процессов. – М.: Наука, 1987.
8. Гаскаров Д.В., Шаповалов В.И. Малая выборка. – М.: Статистика, 1978.
9. Гузик В.Ф., Кидалов В.И., Самойленко А.П. Статистическая диагностика неравновесных объектов. – СПб.: Судостроение, 2009. – 304 с.
10. Ю.И. Рогозов, Самойленко А.П., Усенко О.А. Разработка адаптивной системы статистической диагностики по фактическому состоянию неравновесных объектов управления // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. №4. 2003. С. 55-63.

© И. Н. Тройченков, А. В. Ильченко, А. П. Самойленко, Н. Н. Кисель, 2018

УДК 519.873

МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ СРЕДСТВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Д.В. Шайхутдинов, e-mail: d.v.shaykhutdinov@gmail.com

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Выполнен анализ существующих подходов к мониторингу, контролю и диагностике сложных технических систем и процессов. Рассмотрены возможности применения и особенности реализации существующих средств для исследования и анализа состояния мехатронных систем. Предложен подход, основанный на создании базы знаний на основании высокоточных имитационных моделей и средств диагностики на базе синтеза натурно-модельного метода и метода сверточных нейронных сетей. Для реализации имитационных моделей используется метод конечных элементов. Для реализации метода натурно-модельных испытаний предложено использовать модели пониженного порядка.

Ключевые слова: мехатронные системы, мониторинг, диагностика, метод натурно-модельных испытаний, искусственная нейронная сеть, модели пониженного порядка.

MONITORING AND DIAGNOSTICS OF MECHATRONIC SYSTEMS BASED ON IMITATION SIMULATION

D.V. Shaykhutdinov

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

The analysis of modern approaches for monitoring, control and diagnostics of complex technical systems and processes is performed. The possibilities of application and the features of the implementation of existing tools for research and analysis of the state of mechatronic systems are considered. An approach based on the creation of a knowledge base based on high-precision simulation models and diagnostic tools based on the synthesis of the full-scale-model method and the convolutional neural network method is proposed. To implement simulation models, the finite element method is used. It is suggested to use models of reduced order to implement the method of full-scale-model tests.

Keywords: mechatronic systems, monitoring, diagnostics, the method of full-scale-model tests, artificial neural network, reduced-order models.

Известные математические и компьютерные модели позволяют решать многие задачи исследования и проектирования технических систем. Однако, сложность алгоритмической и программной реализации, высокие требования к вычислительной мощности используемых компьютеров, а также значительное время их вычислений затрудняют их применение в задачах мониторинга, диагностики и управления. Таким образом, на первый план выходит проблема оптимизации эффективности использования существующих технологий и разработка новых решений для повышения наблюдаемости, надежности и управляемости сложных технических систем.

В последнее время все большее развитие получают робототехнические комплексы, неотъемлемой частью которых являются мехатронные системы. Задача разработки принципов создания соответствующих систем мониторинга, а также апробация данных систем на конкретных объектах является актуальной. Стоит отметить, что для различных процессов и устройств в настоящее время разработаны и реализованы компьютеризированные системы управления, которые обеспечивают мониторинг параметров процесса. В случае, если указанные системы предназначены для сложных технических систем, они генерируют множество значений контролируемых параметров, которые несут латентную информацию, но не тождественны ей и операторам часто бывает трудно эффективно контролировать

данные системы, анализировать текущее состояние, обнаруживать и диагностировать аномалии и / или предпринимать требуемые действия для управления. Соответственно измерительная информация, должна быть проанализирована и представлена таким образом, чтобы она отражала именно важные с точки зрения события и тренды. Наибольшей эффективности для решения описанных задач обладают средства, построенные на базе объединения отдельных подходов, обеспечивая минимизацию слабых качеств и усиление сильных.

Подавляющее большинство мехатронных систем можно рассматривать как сложные технические системы, представляющие собой совокупность гетерогенных компонентов и в общем случае включающие: подсистему управления (микропроцессорное устройство с программной частью), электромагнитную и механическую подсистемы. Таким образом, анализ процессов требуют использования инструментов из разных инженерных дисциплин. Для каждой из указанных подсистем необходимо учитывать нелинейность физических процессов. Кроме того, по крайней мере для электромагнитной подсистемы следует учитывать мультифизический характер процессов, в ней происходящих (электромагнитные и тепловые). Интеграция между различными инструментами особенно актуальна на уровне систем мониторинга состояния, поскольку на каждом этапе требуется проанализировать поведение каждой отдельной подсистемы и системы в целом с различными уровнями детализации.

На текущий момент для моделирования сложных технических процессов и систем академически применяются упрощенные подходы на основе теории графов: систем и сетей массового обслуживания, Марковских моделей, сетей Петри, логико-числовых полиномов и т.д. [1-3]. Однако, данные средства позволяют учесть лишь логическое взаимодействие компонентов системы и не позволяют учитывать нелинейный характер их составляющих составляющие. Данное ограничение исключает возможное прямое применение графовых методов для решения поставленных в проекте задач.

С точки зрения возможности учета нелинейности компонентов сложных технических систем более привлекательными являются: средства на основе непосредственного анализа измерительных данных, методы на базе аналитического моделирования и методы на базе искусственного интеллекта, а также подходы на базе объединения указанных методов. При этом каждый методов может быть использован как для разработки моделей отдельных компонентов, так и для анализа системы в целом.

1. Методы на основе прямого анализа данных.

Среди методов на основе прямого анализа измерительных данных наиболее популярными являются: метод главных компонент (*PCA*), дискриминантный анализ Фишера, метод частичных наименьших квадратов (*PLS*) и метод канонического анализа колебаний. Среди них чаще всего используются *PCA* и *PLS*. *PCA* нацелен на упрощение процесса мониторинга и заключается в проецировании измерительных данных в более низко-размерное пространство, которое характеризует состояние процесса. *PCA* представляет собой метод уменьшения размерности, который дает более низко-размерное представление, сохраняя при этом корреляционную структуру между переменными процесса [4]. Использование *PCA* для мониторинга многочисленных параметров некоторого объекта или процесса позволяет представить его состояние в виде точки в двух или трех измерениях, а изменчивость процесса может быть визуализирована с помощью одного графика

[5]. Основное его использование в настоящее время ограничивается интерпретацией основных тенденций в исследуемом объекте в удобной для оператора форме [6-8]. *PLS*, также известный как проекция на скрытые структуры, представляет собой метод уменьшения размерности для максимизации ковариации между предсказательной (независимой) матрицей X и предсказанной (зависимой) матрицей Y для каждого компонента уменьшенного пространства [9-11].

Средства, основанные на данных методах, применимы в основном областях, в которых допустимо предположение о том, что первые несколько основных компонентов могут захватывать большинство изменений в многомерной базе данных. Однако, когда предположение не применимо, особенно когда размер исходных переменных высок, необходимы подходы, более подходящие к обучению. Несмотря на слабые стороны подходов, основанных на данных, методы *PCA* и *PLS* полезны для предобработки данных и устранения линейных зависимостей между переменными. Они также являются мощными инструментами для уменьшения размеров нейронных сетей [12-14].

2. Аналитические методы мониторинга состояния сложных технических систем.

Аналитические подходы обычно включает в себя подробные математические модели, которые используют некоторые измеренные входные данные U и выход Y и генерируют такие функции, как остатки R , оценка параметров P и оценка состояния X . Затем, основываясь на этих значениях, могут быть выполнены обнаружение и диагностика неисправностей путем сравнения наблюдаемых значений признаков с характеристиками, связанными с нормальными рабочими условиями, непосредственно или после некоторых преобразований. Аналитические методы могут быть разделены на два общих: метод оценки параметров и метод, основанный на наблюдениях [15]. В методе оценки параметров остаток определяется как разность между номинальным и оценочным параметрами модели, а отклонения в параметрах модели служат основой для обнаружения и изоляции неисправностей [16]. В методе, основанном на наблюдениях, выход системы реконструируется с использованием измеренного значения или подмножества измерений с помощью наблюдателей. Разница между измеренным и оцененным выходами используется как вектор остатков [17]. Данные методы наиболее применимы в случае, если доступны точные первые принципы или другие математические модели, описывающие рассматриваемый объект или процесс. Метод оценки параметров нацелен на определение места ошибки, связанной с изменениями параметров модели [18, 19]. Метод, основанный на наблюдателях предназначен для определения совокупных ошибок и применяется, если неисправности связаны с изменениями в приводах, датчиках или неизмеримых переменных состояния. Неизмеримые состояния восстанавливаются из измеряемых входных и выходных переменных с использованием наблюдателя Луенбергера или метода фильтра Калмана [20]. Применение метода наблюдателей для мониторинга представлено в работах [21-24].

Основным требованием, предъявляемым при использовании аналитических методов мониторинга является то, что для физической интерпретации уравнений состояния-пространства требуется подробная математическая модель объекта.

2.1. Методы моделирования на базе принципа декомпозиции. Совместное моделирование. Диакоптика.

К методам, основанным на использовании аналитических выражений также относятся методы на основе принципа декомпозиции: метод совместного моделирования и метод диакоптики.

Основным современным направлением развития коммерческого программного обеспечения для моделирования сложных технических систем, в частности мехатронных, является применение методов совместного моделирования [25]. При этом различные подсистемы моделируются распределенным образом в режиме черного ящика. Моделирование выполняется на уровне подсистемы без учета связного характера проблемы. Т.е. только после завершения одного моделирования подсистемы будут обмениваться данными. Данный подход реализуется в таких распространенных программах как *Comsol Multiphysics*, *Matlab* и *Ansys*.

В настоящее время широкое распространение получают методы проектирования систем мониторинга, управления и диагностики на базе метода совместного моделирования. При этом для разработки и проектирования используются только средства моделирования [26]. Реализованное программное обеспечение управления может быть протестировано только внутри виртуального прототипа.

Важнейшей задачей при анализе сложных технических систем является разработка общего унифицированного подхода. Одним из наиболее эффективных направлений в решении указанной проблемы является применение теории диакоптики [27, 28]. Использование диакоптики позволяет разработать математические модели и алгоритмы объединения их решений для отдельных подсистем. Диакоптика позволяет разделить рассматриваемую систему на части и изучать их отдельно, а затем объединить их в единое целое. Для реализации подхода используются 4 дисциплины: тензорный анализ, матричный анализ, теория электрических цепей, теория расчленения и сопряжения электрических моделей. Тензорный анализ позволяет описывать сложные явления, основанные на небольшом числе зависимостей. Теория расчленения и сопряжения электрических моделей позволяет разделить процессы для анализа и решения поэтапно. Система разделяется на подсистемы, затем каждая подсистема анализируется отдельно в символьной форме. Символьные методы используются для исследования общих свойств цепей [29] и являются более предпочтительными по сравнению с численными методами [30]. С их помощью можно определить параметрические границы разрешимости задач анализа и диагностики электрических цепей, получить точное значение отклика цепи в виде обыкновенных дробей, что особенно важно для плохо обусловленных цепей [31] и оценки точности численных методов. Однако символьный анализ требует значительных вычислительных затрат. Это существенный недостаток принципа наложения, поскольку именно вычислительная сложность служит критерием оценки современных методов моделирования и анализа.

Важнейшей особенностью диакоптики в случае рассмотрения мультидисциплинарных систем, к которым относятся и мехатронные системы, является его способность разбивать задачи функционально на части и представить каждую задачу в единых терминах теория электрических схем обеспечивает визуальные физические представления для абстрактных уравнений, сравнивая их с большим разнообразием электрических, магнитных и других систем. Уравнения Максвелла для электромагнитного поля, уравнения для упругих сред и уравнения в частных производных для физики.

2.2. *Моделирование электромагнитных компонентов мехатронных систем*

При моделировании электромагнитных полей, которые могут быть использованы как при реализации метода диакоптики, так и отдельно – для реализации иных аналитических методов мониторинга мехатронных систем с электромагнитными актуаторами, рассматриваемыми в данном проекте, широко используются математические модели на основе уравнений магнитных цепей, аналитических методов расчета поля и уравнений электромагнитного поля.

Модели на основе уравнений магнитных цепей строятся на формальной аналогии между магнитными и электрическими цепями. Это позволяет распространить все методы и технику расчета нелинейных резистивных цепей постоянного тока на нелинейные магнитные цепи [32]. Для участка магнитной цепи можно получить выражения, устанавливающие связь между магнитным потоком, магнитодвижущей силой, действующей в данной цепи, а также ее геометрическими размерами, пользуясь понятием магнитного потока и законом полного тока. Для реализации таких моделей требуется сравнительно небольшой объем вычислений, а, следовательно, требуется меньше времени на определение магнитных параметров. Но, как правило, они дают большие погрешности при расчете, так как при их использовании картина магнитного поля заменяется упрощенной, потоки немагнитного пространства, окружающего магнитные материалы, разбиваются на отдельные группы, упрощается направление линий магнитной индукции, в результате эквивалентная магнитная цепь является довольно «грубой» моделью магнитной системы.

Одному из основных критериев математической модели – малой размерности [33], отвечают и математические модели, используемые при аналитических методах расчета поля. Эти методы применимы при решении задач в областях простой геометрии с однородной или кусочно-однородной средой [34]. К ним относят метод разделения переменных, метод комплексного потенциала и метод зеркальных изображений. Полученные решения позволяют по их виду анализировать влияние на конечный результат входящих в них параметров либо требуют выполнения численных расчетов по формулам. Часто для получения аналитических решений упрощают геометрию области и входящих в нее тел, изменяют свойства материалов, переходя от реальных, обладающих нелинейными характеристиками, к идеализированным (линейным).

Следовательно, метод цепей и аналитические методы расчета поля довольно просты, но обычно применяются при решении задач в областях с простой геометрией с использованием целого ряда допущений, идеализирующих свойства материалов, что не позволяет обеспечить требуемую точность определения параметров магнитного поля.

Наиболее приемлемыми для определения магнитных параметров являются математические модели, основанные на положениях теории электромагнитного поля, так как они учитывают реальные свойства материалов, геометрию магнитной системы.

В каждой точке пространства электромагнитное поле определяется векторами электрического смещения, магнитной индукции, напряженностей электрического и магнитного полей и при наличии проводников с током его можно описать системой дифференциальных уравнений (уравнений Максвелла) [35]. По-

скольку электротехнические материалы обладают нелинейными и анизотропными свойствами, то материальные уравнения являются нелинейными и, следовательно, система уравнений также является нелинейной. Моделирование поля усложняется еще и тем, что характеристики сред резко изменяются в зависимости от координат. При решении нестационарных задач к пространственным координатам добавляется временная. Поэтому число определяемых в совокупности точек неизвестных достигает сотен тысяч. Алгоритмы обработки такого объема информации предъявляют жесткие требования как к вычислительным средствам, так и к методам решения системы уравнений.

В частных случаях система уравнений Максвелла упрощается, что приводит к снижению размерности задачи моделирования без потери качества. На основании упрощенных уравнений строятся математические модели стационарного магнитного поля с использованием скалярного и векторного магнитных потенциалов.

Если отсутствует зависимость характеристик поля в направлении одной из координат (плоскопараллельные, осесимметричные поля), то наиболее эффективными считаются модели на основе векторного магнитного потенциала, поскольку искомая величина имеет только одну пространственную составляющую и может быть решена в скалярной постановке. Для трехмерных задач сравнительно просто может быть получено решение для скалярного потенциала, так как в каждой точке требуется определить только одну, а не три неизвестных величины [36].

Численное решение получаемых дифференциальных уравнений в частных производных можно получить методами конечных разностей и конечных элементов. Эти методы сводят решения краевых задач к решению хорошо обусловленных систем алгебраических уравнений с разреженными матрицами.

Основная идея метода конечных разностей [37] состоит в конечно-разностной аппроксимации уравнений. Для получения разностных уравнений выбирается система узлов, заполняющих расчетную область. Выбор сетки осуществляется, исходя из условия выполнения двух требований: получение возможно меньшей погрешности при переходе от непрерывного уравнения к дискретной модели и возможно меньшей погрешности представления границ расчетной области и поверхности раздела сред с различными свойствами. Расчет сводится к решению системы нелинейных или линейных алгебраических уравнений большого порядка с ленточной матрицей прямыми или итерационными методами. Метод может применяться для решения одномерных, двумерных и трехмерных краевых задач с граничными условиями первого, второго и третьего рода для решения уравнений Лапласа, Пуассона и ряда других уравнений математической физики. Преимущества метода особенно проявляются при использовании расщепления многомерных дифференциальных уравнений на цепочку одномерных [38] с последующим решением соответствующих разностных уравнений скалярной прогонкой.

Аппроксимация поверхностей тел, граничных и краевых условий, особенно на криволинейных поверхностях, представляет собой сложную задачу при использовании метода конечных разностей. Задача решается проще, если расчетная область разбивается на элементы конечного размера – в общем случае, элементы нерегулярной структуры, и искомая функция аппроксимируется дискретной моделью, построенной на множестве простейших функций в конечной числе подобластей. Такой подход реализует метод конечных элементов [39].

На основе уравнений, записанных для каждого узла сетки, составляется система нелинейных алгебраических уравнений, решение которой дает значения векторного магнитного потенциала в узлах сетки. Для решения системы уравнений часто используется метод Ньютона. К достоинствам метода конечных элементов можно отнести простоту расчета распределения поля в телах сложной конфигурации, составленных из нескольких материалов с различными магнитными свойствами и находящихся в ограниченном пространстве. Метод широко используется для расчета нестационарных магнитных полей [40]. Метод конечных элементов реализован в ряде специализированных программ для ЭВМ (*ANSYS*, *COMSOL*, *Quick Field*, *FEMM* и др.), в которых реализуются итерационные методы решения алгебраических уравнений. Использование этих программ позволяет определить магнитные параметры фактически любой магнитной системы.

Применение для моделирования поля методом конечных элементов и методом конечных разностей приводит к необходимости вводить искусственную границу области, положение которой определяется с помощью вычислительного эксперимента, использовать конечно-элементную или конечно-разностную сетку с большим количеством элементов и узлов, а следовательно, применять для обеспечения приемлемой точности и быстродействия достаточно мощную и дорогую вычислительную технику.

К математическим моделям, основанным на положениях теории электромагнитного поля, относятся и модели на основе интегральных уравнений. Общее преимущество применения таких моделей заключается в том, что при определении магнитных параметров решается система уравнений меньшей размерности, и, как следствие, меньшая по сравнению с методом конечных разностей и методом конечных элементов требуемая память ЭВМ и время расчета. Однако система уравнений имеет полностью заполненную матрицу, и вычисление коэффициентов требует выполнения поверхностного или объемного интегрирования.

В большинстве случаев полные модели, предназначенные для этих методов, используют несколько сотен или тысяч переменных, влияние каждой из которых на общую динамику системы часто недостаточно очевидно. Помимо этого, затруднительно поведенческое моделирование в реальном времени, которое при столь значительном количестве переменных нуждается в больших вычислительных мощностях. По этой причине полные модели для метода конечных разностей и метода конечных элементов используются, главным образом, для проверки характеристик готовых изделий. С другой стороны, для поведенческого моделирования в реальном времени, как правило, применяются сильно упрощенные модели из двух-трех обыкновенных дифференциальных уравнений, которые не в состоянии с приемлемой точностью описать динамику объекта; кроме того, возникают значительные сложности при попытке вручную преобразовать модель метода конечных элементов в поведенческую.

Модели пониженного порядка описывают лишь важнейшие динамические черты объекта с помощью нескольких переменных состояния и нескольких обыкновенных дифференциальных уравнений. Получаемую в результате упрощенную модель можно исследовать автономно или включить в совокупность моделей различных подсистем на уровне целой системы. В связи со значительно меньшим количеством переменных в модели пониженного порядка по сравнению с полной (исходной) моделью ее эффективность МПП в задачах реального времени не вызывает сомнений. Кроме экономии времени и машинных ресурсов, МПП также

предоставляют возможность лёгкого построения на их основе поведенческих моделей, например, в среде *MatLab Simulink*, что является ещё одной их положительной чертой; при этом точность таких моделей оказывается значительно выше, чем точность сильно упрощённых поведенческих моделей из двух-трёх обыкновенных дифференциальных уравнений.

Для построения модели пониженного порядка исходную систему дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами подвергают процедуре по методу Рэлея — Ритца заключается в построении аппроксимации подпространства собственных векторов матрицы системы линейных дифференциальных уравнений. Многократное применение этой процедуры позволяет обеспечить повышение скорости сходимости алгоритма, и такой подход в литературе известен, как метод итерирования подпространств. Сходимость метода существенно зависит от того, насколько удачно удастся выбрать начальное подпространство векторов. Основное преимущество использования векторов из подпространства Крылова перед собственными векторами заключается в меньшей зависимости от мест расположения главных степеней свободы (основных влияющих факторов). Редуцированные модели в нижней части спектра частот обладают схожими свойствами с исходной матрицей системы линейных дифференциальных уравнений. Базис инвариантного подпространства также может быть определен итеративно путем последовательного увеличения размера подпространства (метод Ланцоша). На каждом шаге алгоритма базис подпространства дополняется новым вектором, представленным в виде линейной комбинации к уже вычисленным векторам.

К методам моделирования электромагнитного поля также относятся: метод вторичных источников, метод моментов, метод пространственных интегральных уравнений, метод граничных элементов.

В основу метода вторичных источников [41 – 43] положено сведение расчета поля в неоднородной, анизотропной и нелинейной средах к расчету поля в однородной изотропной среде. Принимается, что поле создается первичными и вторичными источниками – токами обмоток намагничивания и фиктивными объемными с плотностью и поверхностными с плотностью магнитными зарядами или фиктивными поверхностными токами соответственно. При этом решается система интегральных уравнений Фредгольма второго рода. Как правило, решение интегральных уравнений, выполняется численными методами. Выполняется дискретизация области расчета на большое число элементов (контура, объема либо поверхности) и, считая известным вид распределения плотности вторичных источников в пределах каждого элемента, интеграл заменяется приближенным значением в виде конечной суммы. Таким образом, интегральное уравнение приводят к системе алгебраических уравнений, порядок которой равен числу элементов области интегрирования. Коэффициенты матрицы вычисляются интегрированием ядра интегрального уравнения по каждому элементу области. Используется итерационный метод решения системы уравнений, с уточнением на каждой итерации значений магнитной проницаемости по кривой намагничивания ферромагнетиков. Находится приближенное распределение плотности вторичных источников, с последующим определением параметров магнитного поля.

Основными достоинствами метода вторичных источников являются: минимальная размерность задачи; возможность расчета поля без искусственного его ограничения, результатом расчета являются величины, непосредственно опреде-

ляющие вектора поля, то есть, исключается операция численного дифференцирования. Метод является весьма эффективным в случае расчета магнитных полей ненасыщенных магнитных систем.

К недостаткам метода вторичных источников относятся: полностью заполненные матрицы алгебраических уравнений, требуется применение специальных приемов, обеспечивающих сходимость итерационных процессов, что приводит к необходимости дополнительных теоретических и экспериментальных исследований [44].

Предложенный в [45] и развитый в [46] метод моментов основан на численном решении интегрального уравнения на основе разложения искомой функции в функциональном базисе. Решение задачи сводится к определению коэффициентов базисных функций при этом выполняется минимизация проекции невязки на конечномерное множество базисных функций.

Известно большое число различных вариантов реализации метода моментов, отличающихся видом базисных функций. Оптимальный выбор системы функций определяет скорость сходимости решения и зависит от особенностей решаемой задачи. К недостаткам метода следует отнести сложный не формализуемый процесс поиска базисных функций. Использование универсальных базисных функций снижает скорость сходимости решения [47].

Метод пространственных интегральных уравнений базируется на общем интегральном выражении напряженности магнитного поля или магнитной индукции через намагниченность элементов магнитной системы и не использует никаких дополнительных краевых условий [48 – 51]. Переход к дискретной модели производится путем разбиения рассматриваемого объема на N элементов, в пределах которых намагниченность принимается постоянной.

К достоинствам метода относится применение единого уравнения для всех конструкций магнитных систем без использования дополнительных краевых условий, простота введения в расчет магнитных характеристик. Недостатками метода пространственных интегральных уравнений являются полностью заполненные матрицы алгебраических уравнений, несколько большая размерность системы алгебраических уравнений по сравнению с методом вторичных источников.

Метод граничных элементов представляет собой соединение двух подходов решения краевых задач для дифференциальных уравнений с частными производными, т.е. сведение краевых задач к эквивалентным интегральным уравнениям и аппроксимация решений при помощи функций формы и подобных используемым в методе конечных элементов [48 – 51]. Функцию можно найти, используя интегральную формулу Грина. Метод граничных элементов существенно проигрывает методу вторичных источников, в котором система имеет всего N уравнений с N неизвестными [44]. Несмотря на указанный недостаток, метод нашел широкое применение [52]. Характерной особенностью метода граничных элементов является возможность решения задачи с использованием дискретизации лишь границы области ферромагнетиков и решения граничных задач в областях с изменяющейся границей. Наиболее целесообразно использовать метод граничных элементов при расчете поля в неограниченной области с линейными свойствами. Таким же условиям применения отвечает и метод точечных источников [53].

Перспективным направлением построения математических моделей электромагнитного поля является оптимальное использование различных моделей

поля в каждой из областей магнитной системы. Такие модели и методы расчета поля получили название комбинированных. В работе [54] предлагается для математического моделирования магнитного поля использовать метод цепей для ненасыщенных магнитных цепей и метод моментов для насыщенных. Метод позволяет значительно снизить время расчета и требования к мощности вычислительного устройства, но не обеспечивает высокой точности расчета магнитного поля. Как правило, в нелинейных средах используется метод конечных разностей или метод конечных элементов, в линейных средах – применяются методы, позволяющие сократить размерность задачи, в основном это методы интегральных уравнений. Чтобы повысить эффективность использования метода конечных разностей для расчета электромагнитных полей, в открытых областях применяют «поглощающие граничные условия». Метод получил название «*uniaxially perfectly matched layers*» (UPML) [55] и позволяет приблизить границы расчетной области практически вплотную к исследуемым объектам. Его суть заключается в том, что при решении уравнений Максвелла на границе расчетной области вводятся дополнительные среды, распределение поля в которых не учитывается в результате расчета, так как оно носит лишь вспомогательный характер. Электрические и магнитные параметры данных сред задаются анизотропными, что обеспечивает быстрое и безотражательное затухание электромагнитного поля. Область применения UPML ограничивается для магнитных систем с источником поля внутри расчетной области.

Для открытых магнитных систем в работах [56, 57] используют бесконечные элементы. Область расчета делится на две части: внешнюю, свободную от источников поля и заполненную однородной изотропной средой, и внутреннюю, которая может содержать источники поля и неоднородные подобласти, заполненные в общем случае нелинейной анизотропной средой. Граница между этими частями выбирается в виде сферы. Во внешней сфере используются бесконечные элементы, а внутренняя часть заполняется конечными элементами. Метод используется для решения двумерных задач.

В комбинированном методе конечных элементов и вторичных источников [58] нелинейные магнитные среды представляются в виде линейных с минимальным удельным магнитным сопротивлением и вторичных источников размагничивающего действия, т.е. вводится искусственное изменение представления нелинейных магнитных сред при расчете. Особенностью метода является отсутствие поверхностных источников, вторичные источники имеют объемный характер. Это позволяет упростить численную реализацию метода и, соответственно, снизить время расчета. Метод применяется при решении вариационных задач расчета параметров магнитного поля и при моделировании магнитных систем с малыми магнитными зазорами.

Комбинированный метод конечных элементов и конформных отображений, предложенный в [59], позволяет наиболее эффективно выполнять расчеты в кусочно-однородных средах, отдельные части которых (не заполненные ферромагнетиками) могут быть отображены конформно на внешнюю полуплоскость круга. Совместное применение метода конечных элементов и метода квазиконформных отображений позволяет выполнить расчет магнитного поля в устройствах с учетом анизотропии и нелинейности характеристик намагничивания с использованием моделей минимальной размерности.

Наибольшее распространение получил комбинированный метод конечных и граничных элементов [60]. При реализации метода выполняется разделение магнитной системы на подобласти с линейными и нелинейными свойствами. Методом граничных элементов моделируется поле в линейных средах открытой подобласти, методом конечных элементов – в нелинейных средах при условии непрерывности решения на границах раздела сред. Метод реализуется либо с использованием скалярного потенциала [61], либо в терминах векторного потенциала [62, 63]. Интегральное уравнение записывается для границы расчетной области, внутри области расчета – уравнение в частных производных. В первом случае по границе за неизвестную переменную принимается скалярный потенциал, во втором – как по границе, так и в области расчета за неизвестную переменную принимается векторный потенциал. Далее для решения задачи используются метод конечных элементов и метод граничных элементов.

К недостатку комбинированных методов моделирования магнитного поля следует отнести сложность алгоритмической и программной реализации. Данный вопрос требует более глубокой проработки.

3. Методы мониторинга состояния сложных технических систем на основе баз знаний

Подходы, основанные на базах знаний реализуются во многих автоматизированных системах оценки состояния и включают эвристические и интеллектуальные подходы, обеспечивая анализ в условиях неопределенной, противоречивой или не поддающейся количественной оценке информации [64]. Технологии искусственного интеллекта, связанные с подходами, основанными на знаниях, включают экспертные системы, нечеткую логику, машинное обучение и распознавание образов.

3.1. Экспертные системы

Экспертная система - это программная система, которая консолидирует человеческий опыт для решения задач поддержки принятия решений, что полезно для решения проблем, связанных с неполной информацией или большим количеством сложных знаний. Экспертные системы особенно полезны для оперативных операций в области управления, поскольку они включают в себя символические и основанные на правилах знания, которые связывают ситуацию и действия, а также обладают способностью объяснять линию рассуждений. Общее применение экспертной системной технологии в управлении процессом - это диагностика неисправностей. Как правило, базовые компоненты экспертной системы включают базу знаний, механизм вывода и пользовательский интерфейс. База знаний содержит либо неглубокие знания, основанные на эвристике, либо глубокие знания, основанные на структурных, поведенческих или математических моделях. Могут использоваться различные типы схем представления знаний, включая правила производства, фреймы и семантические сети [65]. Поскольку работа экспертной системы в значительной степени зависит от правильности и полноты информации, хранящейся в базе знаний, необходимо чтобы база знаний была всегда актуальна исследуемому объекту. Механизм вывода предоставляет механизмы вывода для непосредственного использования знаний, а механизмы обычно включают в себя обратную и прямую цепочку, тестирование гипотез, эвристические методы поиска и мета-правила [66-68]. Наконец, пользовательский интерфейс преобразует пользовательский ввод в понятный для пользователя язык и представляет пользователю выводы и объяснения.

В настоящее время экспертные системы приняты во многих промышленных областях, включая техническое обслуживание оборудования, диагностику и контроль, безопасность установки и другие области техники [69-71]. В [72] описана комбинация экспертной системы с нейронными сетями для диагностики неисправности трансформатора. Известные ограничения экспертных систем:

- по мере увеличения размера базы знаний механизм вывода может оказаться неспособным своевременно идентифицировать решения;
- большинство экспертных систем являются специфичными для предметной области, и, как правило, экспертная система разрабатывается только для отдельного приложения;
- знания экспертов трудно приобретать и представлять, кроме того, они зачастую связаны с неопределенностями.

Для преодоления вышеуказанных ограничений перспективным подходом является интеграция экспертных систем с другими подходами к решению, такими как нечеткая логика, машинное обучение и методы распознавания образов.

3.2. *Нечеткая логика*

Нечеткая логика как механизм представления неопределенных знаний широко применяется во многих технических приложениях [74-75]. Нечеткая логика обеспечивает механизм аппроксимации с использованием градуированных операторов вместо строго булевых. Это полезно для представления описаний процессов, таких как «высокий или низкий», которые по своей сути нечеткие и включают в себя качественные описания числовых значений, значимых для операторов. Нечеткая логика поддерживает представление переменных и отношений в лингвистических терминах. Лингвистическая переменная - это переменная с лингвистическим значением, которая принимает нечеткие значения и часто основана на количественной переменной в этом процессе. Например, лингвистическая переменная температуры трубы может принимать нечеткие значения «Низкий», «Нормальный» и «Высокий», и каждое нечеткое значение может быть смоделировано. Нечеткие логические системы обрабатывают неточность входных и выходных переменных напрямую, определяя их нечеткими членствами и наборами, которые могут быть выражены в лингвистических терминах. Сложное поведение процесса можно описать в общих чертах без четкого определения сложных связанных с ним явлений. Тем не менее, сложно и трудоемко определять правильный набор правил и функций отношений для достаточно сложной системы; и тонкая настройка нечеткого решения может занять много времени. При этом существует ряд успешных приложений управления, которые сочетают технологии нечеткой логики и нейронных сетей технологических процессов. Например, в [76] описана система адаптации, которая объединяла алгоритмы нечеткой логики и нейронных сетей для разработки основанной на обследовании системы обоснования для выбора технологического оборудования, а в [77] представлено объединение преимуществ нечеткой логики и методов нейронных сетей для разработки интеллектуальной системы управления реактором (CSTR), который включал нестабильный нелинейный процесс с разомкнутым контуром. В [78] представлена система нечетких выводов, которая включала сеть подключений с логическими нейронами, связанными с бинарными и численными весами; и полученная в результате система нечеткой нейронной сети использовалась в симуляционном исследовании для оценки и контроля варки целлюлозной массы.

3.3. *Методы машинного обучения*

Методы машинного обучения часто применяются для обращения приобретения знаний (КА) при внедрении экспертных систем. Узкое место КА возникает из-за того, что эксперты лучше собирают и архивируют дела, чем выражают свой опыт. При использовании методов машинного интеллекта для решения этой задачи, знания автоматически извлекаются из данных [79, 80]. Символическая информация может быть интегрирована в алгоритм обучения искусственной нейронной сети, а система обучения поддерживает моделирование и извлечение знаний.

3.4. Методы распознавания образов

Подходы к распознаванию образов применимы к мониторингу процессов из-за предполагаемой взаимосвязи между шаблонами данных и классами ошибок при игнорировании внутренних состояний или структур процесса; широко распространенный подход к распознаванию образов - это искусственные нейронные сети (ANN). Подход ANN включает нелинейное отображение между входами и выходами, которые состоят из взаимосвязанных нейронов, расположенных в слоях. Слои подключены так, что сигналы на входных слоях нейронной сети распространяются по всей сети. Общее нелинейное поведение нейронной сети определяется выбором топологии сети и весом связей между нейронами. В частных случаях мехатронных систем ANN были применены для обнаружения и диагностики неисправностей [81-82].

Существующие подходы на базе аналитического моделирования или методов интеллектуальной обработки данных не позволяют по отдельности найти эффективное решение обозначенной проблемы. Мониторинг сложных систем на основе аналитического моделирования потенциально может обеспечить максимальную адекватность, надежность и «прозрачность» выводов, однако, требует моделей высокой размерности, что затрудняет обеспечение их актуальности и адекватности, особенно при решении задач в динамике. Кроме того, для создания системы мониторинга требуется подробная математическая модель объекта, что также в настоящее время сдерживает развитие данного направления. Известные математические и компьютерные модели позволяют решать многие задачи исследования и проектирования технических систем. Однако, сложность алгоритмической и программной реализации, высокие требования к вычислительной мощности используемых компьютеров, а также значительное время их вычислений затрудняют их применение в задачах мониторинга, диагностики и управления. Таким образом, на первый план выходит проблема оптимизации эффективности использования существующих технологий и разработка новых решений для повышения наблюдаемости, надежности и управляемости сложных технических систем. Перспективным направлением решения данной научной проблемы является натурно-модельный подход, основанный на рациональном объединении в единый непрерывный процесс моделирования и эксперимента. Результаты эксперимента выполняют функции «каркаса» для моделирования, обеспечивая адекватность моделей в динамике. Данный подход может быть применен и для разработки систем мониторинга на основе аналитического моделирования, и для построения средств синтеза таких систем. Оптимальное сочетание натурно-модельного подхода и методов интеллектуальной обработки данных, для случаев, когда эффективность натурно-модельного мониторинга не высока, является сложной и не решенной в настоящее время научной проблемой.

Решение указанных выше задач позволит получить принципиально новые решения, обеспечивающие повышенную наблюдаемость, надежность и управляемость мехатронных систем, обобщить и масштабировать полученные фундаментальные результаты для решения задач мониторинга и диагностики сложных технических систем.

Статья подготовлена в рамках проекта стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов, осуществляющих перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики в период с 2018 по 2020 гг., номер гранта СП-359.2018.1. Статья подготовлена в рамках работ, проводимых ЦКП «Диагностика и энергоэффективное электрооборудование».

Список цитируемой литературы

11. Dubrov, V.I., Oganyan, R.G., Narakidze, N.D., Aleksanyan, G.K. On the mathematical simulation of digital substation technological processes // *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(2), С. 276-282.
12. Oganyan, R.G., Narakidze, N.D., Shaykhutdinov, D.V., Gorbatenko, N.I., Maksuta, S.O. Implementation of inverse calculation method in diagnostics of digital electric substations // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* №177 (2017) 012083;
13. Дубров В.И., Оганян Р.Г., Наракидзе Н.Д., Алексанян Г.К. Разработка информационной системы для программно-аппаратной модели цифровой подстанции // *Сборник трудов XV Международной конференции NIDays 2016*. – Москва, 2016. – С. 300-302.
14. Chiang, H.L., Russell, L.E., Braatz, D.R., 2001. *Fault Detection and Diagnosis in Industrial Systems*. Springer, London, Great Britain.
15. Piovoso, J.M., Kasonovich, A.K., Pearson, K.R., 1992. Monitoring process performance in real time. In: *Proceedings of the American Control Conference*. IEEE Press, Piscataway, New Jersey, С. 2359-2363.
16. Kresta, V.J., Marlin, E.T., MacGregor, F.J., 1997. Development of inferential process models using PLS. *Computers & Chemical Engineering* 21 (Suppl.), С. 1123-1129.
17. MacGregor, F.J., Kourti, T., 1995. Statistical process control of multivariate processes. *Control Engineering Practice* 3, С. 403-414.
18. Raich, C.A., Cinar, A., 1996. Statistical process monitoring and disturbance diagnosis in multivariable continuous processes. *AIChE Journal* 42, С. 995-1009.
19. MacGregor, F.J., 1994. Statistical Process Control of Multivariate Processes. In: *Proceedings of the IFAC International Symposium on Advanced Control of Chemical Processes*. Pergamon Press, New York, С. 427-435.
20. Kruger, U., Chen, Q., Sandoz, J.D., McFarlane, C.R., 2001. Extended PLS approach for enhanced condition monitoring of industrial processes. *AIChE Journal* 47 (9), С. 2076-2091.
21. Zhang, H., Lennox, B., 2004. Integrated condition monitoring and control of fed-batch fermentation processes. *Journal of Process Control* 14, С. 40-50.
22. Gonzalez-Garcia, R., Rico-Martinez, R., Kevrekidis, G.I., 1998. Identification of distributed parameter systems: a neural net based approach. *Computers & Chemical Engineering* 22 (Suppl.), С. 965-968.
23. Lin, W., Qian, Y., Li, X., 2000. Nonlinear dynamic principal component analysis for on-line process monitoring and diagnosis. *Computers & Chemical Engineering* 24, С. 423-429.
24. Adebiyi, A.O., Corripio, B.A., 2003. Dynamic neural networks partial least squares (DNNPLS) identification of multivariable processes. *Computers & Chemical Engineering* 27, С. 143-155.
25. Garcia, A.E., Frank, M.P., 1996. On the relationship between observer and parameter identification based approaches to fault detection. In: *Proceedings of the 13th IFAC World Congress*, vol. N. Piscataway, New Jersey, С. 25-29.
26. Isermann, R., 1994a. Integration of fault detection and diagnosis methods. In: *Fault Detection, Supervision, and Safety for Technical Processes*. IFAC Symposium. Pergamon Press, Oxford.
27. Ding, X., Guo, L., 1996. Observer-based fault detection optimized in the frequency domain. In: *Proceedings of the 13th IFAC World Congress*, Vol. N. IEEE Press, Piscataway, New Jersey, С. 157-162.

28. Beck, V.J., Arnold, J.K., 1977. *Parameter Estimation in Engineering and Science*. Wiley, New York.
29. Young, C.P., 1981. Parameter estimation for continuous-time models— a survey. *Automatica* 17, C. 23-29.
30. Burrell, P., Inman, D., 1998. Expert system for the analysis of faults in an electricity supply network: problems and achievements. *Computers in Industry* 37, C. 113-123.
31. Frank, P.M., 1992. "Robust Model-based Fault Detection in Dynamic Systems," IFAC Symp. on On-line Fault Detection and Supervision in the Chemical Process Industries, p.1. Newark, Del.
32. Kesavan, P., Lee, H.L., 1997. Diagnostic tools for multivariable model- based control systems. *Industrial Engineering and Chemistry Research* 36, C. 2725-2738.
33. Ku, W., Storer, H.R., Georgakis, C., 1994. Uses of state estimation for statistical process control. *Computers & Chemical Engineering* 18, C. 571-575.
34. Stephanopoulos, G., Han, C., 1996. Intelligent systems in process engineering: a review. *Computers & Chemical Engineering* 20 (6/7), C. 743-791.
35. Sicklinger, S.; Belsky, V.; Engelmann, B.; Elmqvist, H.; Olsson, H.; Wüchner, R.; Bletzinger, K.-U. (11 May 2014). "Interface Jacobian-based Co-Simulation". *International Journal for Numerical Methods in Engineering*. 98 (6), C. 418–444.
36. Beghi, A., Marcuzzi, F., Martin, P., Tinazzi, F., Zigliotto, M. Virtual prototyping of embedded control software in mechatronic systems: A case study // *Mechatronics*, Volume 43, C. 99-111.
37. Хэпп Х. Диакоптика и электрические цепи. М.: Мир, 1974.
38. Крон Г. Исследование сложных систем по частям диакоптика. М.: Наука, 1972. 544 с.
39. Данилов Л.В., Матханов П.Н., Филиппов Е.С. Теория нелинейных электрических цепей.— Л.: Энергоатомиздат.— 1990.— 256 с.
40. Башарин С.А., Федоров В.В. Теоретические основы электротехники: Теория электрических цепей и электромагнитного поля.— М.: Академия, 2004.—304 с.
41. Трохименко Я.К. Анализ линейных электронных цепей теоретико-множественным методом схемных чисел // *Радиоэлектроника*.— 2002.— № 7.— С. 3–14.
42. Korovkin N.V., Chechurin V.L., Hayakawa M. *Inverse Problems in Electric Circuits and Electromagnetics*. Springer, 2006. 339 с.
43. Алифанов О.М. Обратные задачи теплообмена. М.: Машиностроение, 1988. 280 с.
44. Ватульян А.О. Обратные задачи в механике деформируемого твердого тела. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 224 с.
45. Бахвалов Ю.А. Математическое моделирование: учеб.пособие для вузов. Новочеркасск: ЮРГТУ(НПИ), 2010. 142 с.
46. Адалев А.С., Бородин В.Н., Чечурин В.Л. Обратные задачи в электротехнике // *Изв. Академии электротехнических наук РФ*. 2008. № 1. С. 12 –28.
47. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979. 285 с.
48. Cho H., Altan T. Determination of Flow Stress and Interface Friction at Elevated Temperatures by Inverse Analysis Technique // *Journal of Materials Processing Technology*. 2005. Vol. 170, № 12. С. 64.
49. Mixed numerical-experimental identification of elastic properties of orthotropic metal plates / T. Lauwagie, H. Sol [etc.] // *NDT& E International*. 2003. Vol. 36, №7. С. 487-495.
50. Characterization and optimization of a permanent magnet synchronous machine / P. Sergeant, G. Crevecoeur [etc.] // *COMPEL*. 2008. Vol. 28, № 2. С. 272-285.
51. Inverse calculation method for piezocomposite materials characterization / G. Ferin [etc.] // *In Proceedings of IEEE International Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control Conference, Montreal, Canada, August 24-27 – 2004*. С. 234-237.
52. Применение математических моделей в проектировании устройств на основе ферромагнитных материалов с эффектом памяти формы / С.Г. Январев [и др.] // *Изв. вузов. Электромеханика*. 2013.
53. Проектирование энергосберегающего электромеханического устройства на основе решений обратных задач // *Энерго- и ресурсосбережение - XXI век: материалы XIМеждунар. науч.-практ. Интернет-конф., г. Орел, 1 марта -30 июня 2013 г. / Под ред. А.Н. Качанова – Орел: Госуниверситет-УНПК, 2013. С. 124-126.*

54. Никифоров А.Н. Методы оптимизации: учеб. пособие – Новочеркасск: ЮРГТУ(НПИ), 2007. 160 с.
55. Multistable actuator based on magnetic shape memory alloy / J. Gauthier, A. Hubert, J. Abadie, C. LExcellent // Actuator 2006, 10th International Conference on New Actuators, Bremen, Germany, 2006. С. 787–790.
56. New materials for micro-scale sensors and actuators: an engineering review / Wilson, Stephen A. [ets.] // Materials Science & Engineering R-Reports. 2007. Vol. 56, № 6. С. 1-129.
57. Nonlinear Hamiltonian modeling of magnetic shape memory alloy based actuators / J.Y. Gauthier [ets.] // Sensors & Actuators. 2008. Vol. 141. С. 536-547.
58. Гречихин В.В., Юфанова Ю.В. Моделирование магнитных полей разомкнутых магнитных систем с малыми воздушными зазорами модифицированным методом интегральных уравнений // Изв. вузов. Электромеханика. 2001. № 4-5. С. 5-8.
59. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1970. – 720 с.
60. Курбатов П.А., Аринчин С.А. Численный расчет электромагнитных полей. М.: Энергоатомиздат, 1984. – 168 с.
61. Базаров И.П. Термодинамика. М.: Высшая школа, 1991. 376 с.
62. Smith R.C. Smart Material Systems: Model Development. Philadelphia, USA: Society for Industrial and Applied Mathematics. 2005. 501 С.
63. Sarawate N., Dapino M.J. «Dynamic sensing behavior of ferromagnetic shape memory NiMnGa» // Smart Materials and Structures. 2009. Vol. 18, № 10. С. 104014
64. Likhachev A.A., Sozinov A., Ullakko K. Different modeling concepts of magnetic shape memory and their comparison with some experimental results obtained in NiMnGa // Materials Science and Engineering A. 2004. Vol. 378, № 1-2. С. 513-518.
65. Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1971. 1031 с.
66. Jiles D.C., Atherton D.L. Theory of Ferromagnetic Hysteresis // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 1986. Vol. 61, № 5. С. 48-60.
67. Поливанов К.М. Ферромагнетики. М.: Госэнергоиздат, 1957. 208 с.
68. Hodgdon M.L. Mathematical Theory and Calculations of magnetic hysteresis curves // IEEE Transactions on Magnetics. 1988. Vol. 24, № 6. С. 3120-3122.
69. Non-linear transformer model for circuit simulation / J.N. Chan, A. Vladirimescu [etc.] // IEEE Transactions on Computer Aided Design. 1991. Vol. 10, № 4. С. 476-482.
70. Mayergoyz I.D., Friedman G. Generalized Preisach Model of Hysteresis // IEEE Transactions on Magnetics. 1988. Vol. 24, № 1. С. 212-217.
71. Колесников Э.В., Дардасави А. Моделирование магнитного гистерезиса // Изв. вузов. Электромеханика. 1993. № 5. С. 23-29.
72. Jiles D.C., Thoelke J.B. Theory of ferromagnetic hysteresis: determination of Model parameters from Experimental hysteresis loops // IEEE Transactions on Magnetics. 1989. Vol. 25, № 5. С. 3928 - 3930.
73. On the Parameter Identification and Application of the Jiles-Atherton Hysteresis Model for Numerical Modeling of Measured Characteristics / D. Lederer, H. Igarashi, A. Kost, T. Honma. // IEEE Transactions on Magnetics. 1999. Vol. 35, № 3. С. 1211-1214.
74. Luo, X., Zhang, C., Jennings, R.N., 2002. A hybrid model for sharing information between fuzzy, uncertain and default reasoning models in multi-agent systems. International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems 10 (4), С. 401-450.
75. Xia, Q., Rao, M., 1999. Knowledge architecture and system design for intelligent operation support systems. Expert Systems with Applications 17, С. 115-127.
76. Prasad, R.P., Davis, F.J., Jirapinyo, Y., Josephson, R.J., Bhalodia, M., 1998. Structuring diagnostic knowledge for large-scale process systems. Computers & Chemical Engineering 22 (12), С. 1897-1905.
77. Norvilas, A., Negiz, A., DeCicco, J., Cinar, A., 2000. Intelligent process monitoring by interfacing knowledge-based system and multivariate statistical monitoring. Journal of Process Control 10, С. 341-350.
78. Rao, M., Sun, X., Feng, J., 2000. Intelligent system architecture for process operation support. Expert Systems with Applications 19, С. 279-288.

79. Srihari, N.S., 1989. Application of expert systems in engineering: an introduction. In: S.G. Tzafestas, G.S. (Eds.), Knowledge-based System Diagnosis, Supervision, and Control. Plenum Press, New York, C. 1-10.
80. Xia, Q., Rao, M., 1999a. Dynamic case-based reasoning for process operation support systems. Engineering Applications of Artificial Intelligence 12 (3), C. 343-361.
81. Sun, C.L., Uraikul, V., Chan, W.C., Tontiwachwuthikul, P., 2000. An integrated expert system/operation research approach for automation of natural gas pipeline operations. Engineering Applications Artificial Intelligence 13 (4), C. 465-475.
82. Wang, Z.X., Liu, Y., Griffin, J.P., 2000. Neural net and expert system diagnose transformer faults. IEEE Computer Applications in Power 13, C. 50-55.
83. Aggarwal, K.R., Xuan, Y.Q., Johns, T.A., Li, F., Bennett, A., 1999. Novel approach to fault diagnosis in multicircuit transmission lines using fuzzy ARTmap neural network. IEEE Transactions on Neural Networks 10, C. 1214-1221.
84. Jain, C.L., Johnson, P.R., Takefuji, Y., Zadeh, A.L. (Eds.), 1999. Knowledge-Based Intelligent Techniques in Industry. CRC Press, New York.
85. Kasabov, K.N., 1996. Foundation of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering. MIT Press., Cambridge, MA.
86. Koiranen, T., Virkki-Hatakka, T., Kraslawski, A., Nystrom, L., 1998. Hybrid, fuzzy and neural adaptation in case-based reasoning system for process equipment selection. Computers & Chemical Engineering 22, C. 997-1000.
87. Chen, T.C., Peng, T.S., 1999. Intelligent process control using neural fuzzy techniques. Journal of Process Control 9, C. 493-503.
88. Belarbi, K., Bettou, K., Mezaache, A., 2000. Fuzzy neural networks for estimation and fuzzy controller design: simulation study for a pulp batch digester. Journal of Process Control 10, C. 35-41.
89. Bakshi, R.B., Stephanopoulos, G., 1994a. Representation of process trends—III multiscale extraction of trends from process data. Computers & Chemical Engineering 18 (4), C. 267-302.
90. Bakshi, R.B., Stephanopoulos, G., 1994b. Representation of process trends—IV induction of real-time patterns from operating data for diagnosis and supervisory control. Computers & Chemical Engineering 18 (4), C. 267-302.
91. Sun, Z., Foong, S., Marechal, L., Teo, T.H., Tan, U.-X., Shabbir, A. Real-time sensor fault detection and compensation in a passive magnetic field-based localization system // IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, AIMV Volume 2016-September, 26 September 2016, Номер статьи 7576907, C. 1040-1046.
92. Albers, A., Wang, J., Ott, S., Düser, T., Lerspalungsanti, S. Application of artificial neural networks (ANN) based model for monitoring of vehicle longitudinal dynamic performance // 2008 Proceedings of the ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, DETC 2008 Volume 5, 2009, C. 711-717.

© Д.В. Шайхутдинов, 2018

Секция 1

Фундаментальные основы, теория, методы и средства измерений и обработки измерительной информации

УДК 621.318.122.001.41

МЕТОД ИСПЫТАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Н.Д. Наракидзе, e-mail: ndaz@mail.ru, А.А. Заика, Н.А. Тихонов

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Разработан новый метод испытания изделий из ферромагнитных материалов в полуразомкнутых магнитных системах, отличающийся от известных тем, что для адаптивного управления приращением напряженности внешнего магнитного поля для групп ферромагнитных материалов с различными формами кривых размагничивания определяется функция плотности вероятности нормального распределения и рассчитывается вероятность отнесения измеренной точки к той или иной группе по формуле Байеса. Это позволяет повысить скорость измерения магнитных параметров (сотни изделий в час, в зависимости от типоразмера и массы), по сравнению с известными устройствами, что позволяет существенно сократить количество устройств измерения и контроля, работающих в системе управления производством изделий из ферромагнитных материалов.

Ключевые слова: ферромагнитные материалы, полуразомкнутая магнитная система, кривая размагничивания, формула Байеса.

METHOD OF TESTING PRODUCTS FROM FERROMAGNETIC MATERIALS

N.D.Narakidze, A.A. Zaika, N.A. Tihonov

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

The new method of testing products from ferromagnetic materials in the semi-opened magnetic systems differing from known for that for adaptive management of increment of strength of outside magnetic field for groups of ferromagnetic materials function of density of probability of normal distribution decides on different forms of curves of demagnetization is developed and the probability of reference of the measured point to this or that group on Bayes's formula is calculated. It allows to increase the speed of measurement of magnetic parameters (one hundred products an hour, depending on standard size and weight), in comparison with known devices that allows to reduce significantly number of the devices of measurement and control working in manufacturing execution system of products from ferromagnetic materials.

Keywords: ferromagnetic materials, the semi-opened magnetic system, demagnetization curve, Bayes's formula.

Существующие методы испытания изделий из ферромагнитных материалов (ФММ) и реализующие их устройства не позволяют с требуемой точностью и производительностью измерять статические характеристики ФММ при их испытаниях в полуразомкнутой магнитной системе (МС) [1–8].

Авторами предлагается высокопроизводительный метод испытания изделий из ФММ (сотни изделий в час, в зависимости от типоразмера и массы), что позволяет существенно сократить количество устройств измерения и контроля, работающих в системе управления производством изделий из ферромагнитных материалов для подсистемы управления их качеством, позволяющий определять характеристики изделий из ФММ при их испытаниях в полуразомкнутых МС. Суть метода заключается в следующем.

1. Изделие из ФММ помещается в полуразомкнутую МС, где производится его перемагничивание по адаптивно-ступенчатому алгоритму, базирующемуся на байесовском подходе, позволяющем учесть форму кривой размагничивания (КР) и обеспечить максимальную скорость перемагничивания изделия.

2. В процессе такого перемагничивания магнитная индукция B в центральном сечении изделия из ФММ измеряется с помощью индукционной катушки.

3. Определение напряженности магнитного поля на поверхности изделия из ФММ осуществляется путем измерения напряженности H в двух точках пространства симметричных относительно полюсных поверхностей МС, на некоторых расстояниях от изделия из ФММ, градиента напряженности dH/dx , характеризующего наклон характеристики $H(x)$, и экстраполяции измеренных значений к поверхности изделия.

Для реализации адаптивно-ступенчатого алгоритма перемагничивания, базирующегося на байесовском подходе, в [9] было произведено нормирование $b(h)$ (рис.1) и разделение ФММ на четыре группы по форме КР.

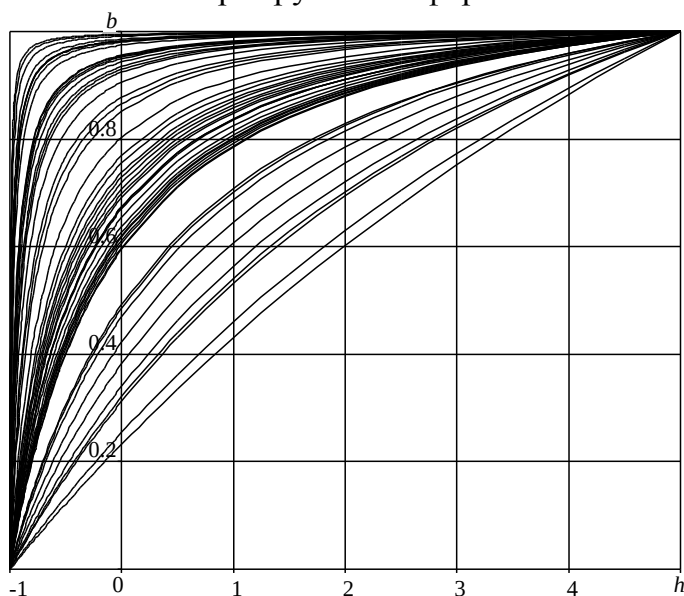


Рис.1 – Семейство нормированных характеристик

Работает алгоритм адаптивно-ступенчатого перемагничивания следующим образом.

1) Задается значение количества точек n на КР.

2) Испытуемый образец помещается в МС и производится магнитная подготовка, в результате которой определяются значения ожидаемой коэрцитивной силы H_c и максимальное значение магнитной индукции B_m по методу, в основе которого лежит принцип половинного деления [10].

3) Образец заводится в насыщение. Измерение начинается с точки $H_1=5H_c=H_m$ (H_m – максимальная напряженность магнитного поля) и определяется значение максимальной магнитной индукции B_m . Так как измерение ведется от точки H_m , а все группы КР до $h = 2,5$ имеют линейный участок (рис.1), то следующая точка ($B_2; H_2$), координаты которой предстоит измерить, рассчитывается по формуле $H_2 = H_m / 2$ или в нормированных единицах $\Delta h_2 = 2,5$. Внешнее магнитное поле уменьшается до значения H_2 и одновременно измеряется приращение магнитной индукции ΔB_1 , зная которое определяется B_2 как $B_2 = B_m - \Delta B_1$.

4) Полученное значение магнитной индукции B_2 нормируется и сравнивается с нормированными значениями магнитных индукций $b_{\text{н}}^{\text{I}}, b_{\text{в}}^{\text{I}}; \dots; b_{\text{н}}^{\text{IV}}, b_{\text{в}}^{\text{IV}}$, соответствующих перемагничиванию в точку h_2 по типовым нормированным КР согласно выражению

$$b_i^q = f^q(h),$$

где q – номер типовой КР; $f^q(h)$ – функция, аппроксимирующая типовую КР.

Для отнесения измеренной точки к той или иной типовой нормированной КР используется вероятностный метод на основе байесовского подхода, заключающегося в том, что вероятность попадания измеренной точки в i -ую группу рассчитывается по формуле Байеса

$$P_A(B_i) = \frac{P(B_i) \cdot P_{B_i}(A)}{P(B_1) \cdot P_{B_1}(A) + P(B_2) \cdot P_{B_2}(A) + \dots + P(B_n) \cdot P_{B_n}(A)},$$

где $P(B_i)$ – априорная вероятность гипотезы; $P_{B_i}(A)$ – условная вероятность события A при выполнении гипотезы.

Условная вероятность $P_{B_i}(A)$ рассчитывается по формуле

$$P_{B_i}(A) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{b_{\text{гр.нижн.}}^q}^{b_{\text{гр.верх.}}^q} e^{\frac{-(b_{i\text{изм.}} - x)^2}{2\sigma^2}} dx,$$

где σ – среднеквадратическое отклонение результатов измерений; $b_{\text{гр.нижн.}}^q$ – нижнее граничное значение магнитной индукции в группе КР; $b_{\text{гр.верх.}}^q$ – верхнее граничное значение магнитной индукции в группе КР; $b_{i\text{изм.}}$ – измеренное значение магнитной индукции.

После расчета вероятностей $P_{B_i}(A)$ при $i=1..q$, где q – количество групп, делается вывод о принадлежности измеряемой КР к той группе КР, значение вероятности которой максимально.

5) Образец перемагничивается следующей ступенькой поля h_3 , рассчитанной с учетом формы предполагаемой типовой КР. Для каждого типа КР определены следующие выражения:

$$\text{а) первый тип КР} \begin{cases} h_3^{\text{I}} = -0,2; \\ h_i^{\text{I}} = -0,2 - 3,5 \sin\left(\frac{12^\circ i}{n-1}\right) \quad 3 < i < n, \text{ где } i \text{ – номер точки на} \\ h_n^{\text{I}} = -1. \end{cases}$$

КР;

$$\text{б) второй типа КР} \begin{cases} h_3^{\text{II}} = 1,25; \\ h_i^{\text{II}} = 1,25 - 4,5 \sin\left(\frac{27^\circ i}{n-1}\right) \quad 3 < i < n; \\ h_n^{\text{II}} = -1. \end{cases}$$

$$\text{в) третий тип КР} \begin{cases} h_i^{\text{III}} = 2,5 - 5 \sin\left(\frac{35^\circ i}{n-1}\right) \quad 2 < i < n; \\ h_n^{\text{III}} = -1. \end{cases}$$

г) четвертый тип КР $h_i^{IV} = 3 - 4 \sin\left(\frac{90^\circ i}{n}\right)$.

б) Повторяются пункты 4 и 5 до достижения точки H_c .

На рис. 2 представлено графическое изображение процесса измерения КР.

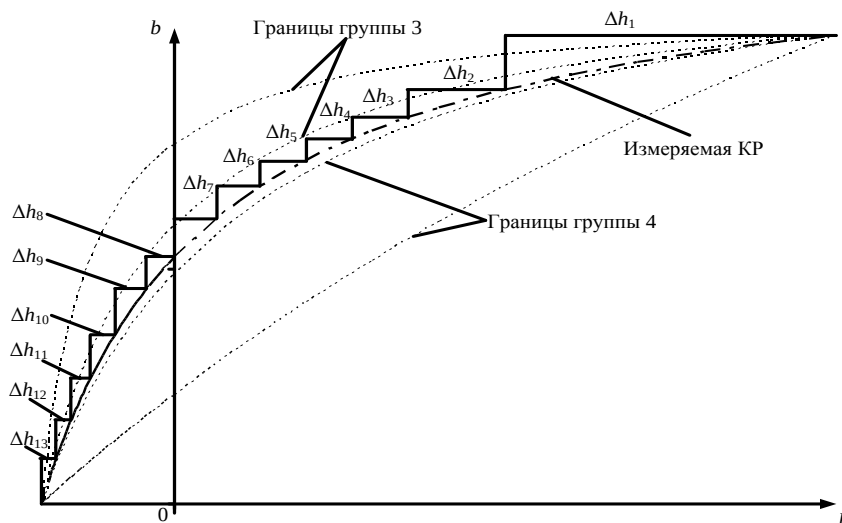


Рис. 2 – Результат работы адаптивно-ступенчатого алгоритма перематгничивания

Таким образом, предложенный метод адаптивного перематгничивания за счет уменьшения количества измеряемых точек, позволяет существенно сократить время измерения магнитных параметров изделий.

Список цитируемой литературы

1. Горбатенко Н.И., Ланкин М.В., Саввин Д.Д., Кучеров В.А., Гречихин В.В., Хамизов Р.Р., Наракидзе Н.Д., Ляхов Л.И. Приборы и методы измерения и контроля магнитных свойств изделий // Теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики 2006. С. 4–23.
2. Ланкин, М. В. Приборы и методы контроля магнитных свойств постоянных магнитов / М. В. Ланкин. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2007. – 292 с.
3. Антонов, В. Г. Средства измерений магнитных параметров / В. Г. Антонов, Л. М. Петров, А. П. Щелкин. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 216 с.
4. Комаров, Е. В. Испытание магнитных материалов и систем / Е. В. Комаров [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 376 с.
5. Шихин, А. Я. Автоматические магнитоизмерительные системы/ А. Я. Шихин. – М.: Энергия, 1977. – 136 с.
6. Пастушенков, А. Г. Автоматизированные установки контроля магнитных свойств постоянных магнитов / А. Г. Пастушенков, В. И. Кононов, В. М. Горохов [и др.] // Электротехника. – 1997. № 3. – С. 4–8.;
7. Андриевский Е. А. Испытание магнитотвердых материалов в устройствах с разомкнутой и неполностью замкнутой магнитной цепью / Е. А. Андриевский. – Киев: Изд. АН УССР, 1970. – 23 с.;
8. Ягола, Г. К. Измерение магнитных характеристик современных магнитотвердых материалов / Г. К. Ягола, Р. В. Спиридонов. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 196 с.
9. Ланкин, М. В. Применение метода главных компонент для классификации изделий из магнитотвердых материалов / М. В. Ланкин, Н. Д. Наракидзе // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2009. – №5 (153). – С. 14–22.
10. Ланкин М.В., Наракидзе Н.Д. Применение байесовского подхода для управления размагничивающим полем // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2009. № 4. С. 3-10.

УДК 621.318.122.001.41

НОВЫЙ МЕТОД ИСПЫТАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.В. Гречихин, e-mail:gorbatenko@novoch.ru, М.Ю. Ланкина,

А.В. Володин

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В работе представлены результаты анализа особенностей изделий из магнитных материалов на различных этапах производства как объектов испытаний, что позволило определить наиболее информативные магнитные характеристики и сформулировать требования к методам и техническим средствам их измерения, контроля и прогнозирования в лабораторных и цеховых условиях. Разработаны теоретические основы нового подхода к испытаниям изделий из магнитных материалов, основанного на объединении в единый метод измерения и моделирования магнитных состояний изделий в различных условиях, в том числе, прогнозирования их будущих магнитных свойств после предстоящих технологических операций.

NEW METHOD OF TESTING PRODUCTS FROM MAGNETIC MATERIALS

V.V. Grechikhin, M.Yu. Lankina, A.V. Volodin

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

The paper presents the results of an analysis of the features of articles made of magnetic materials at various stages of production as test objects, which made it possible to determine the most informative magnetic characteristics and formulate requirements for methods and technical means for measuring, controlling and predicting them in laboratory and workshop conditions. The theoretical foundations of a new approach to the testing of products from magnetic materials based on combining into a single method of measuring and modeling the magnetic states of products under various conditions, including the prediction of their future magnetic properties after the forthcoming technological operations, are developed.

УДК 625.1

ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА «ЦЕНТРА СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВАГОНОВ» НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В.С. Тимченко, e-mail: tim4enko.via4eslav@mail.ru

Санкт-Петербургский союз ученых

Отцепка вагона от грузовых поездов приводит к увеличению срока доставки груза при его следовании в груженном состоянии и к задержкам в подаче вагонов, а также к необходимости содержания резервов вагонного парка.

Одним из возможных вариантов оптимизации работы операторской компании является строительство «Центра сервисного обслуживания вагонов» в предпортовом узле для увеличения маршрутизации порожнего вагонопотока следующего из-под выгрузки в морском порту, за счет снижения влияния отцепок вагонов в пути следования на формирования полносоставных маршрутов, исключая их переформирование в пути следования.

Строительство «Центра сервисного обслуживания вагонов» в предпортовых железнодорожных узлах позволит стабилизировать работу многих загруженных железнодорожных направлений и технических станций, являющихся «узкими местами».

Ключевые слова: предпортовый железнодорожный узел, грузовые вагоны, текущий ремонт вагонов, «центра сервисного обслуживания вагонов», экономический эффект.

CONSTRUCTION JUSTIFICATION OF "THE RAILWAY CARS SERVICE CENTER " ON THE BASIS OF IMITATING MODELLING

V.S. Timchenko

St. Petersburg union of scientists, St. Petersburg

The coach uncoupling from cargo trains leads to increase in delivery period of a load in case of its following in a loaded status and to time delays in submission of railway cars and also to carriage park reserve maintenance need.

One of possible options of operator company operation optimization is construction of "Center of service of railway cars " in a preport node for increase in routing of an empty traffic volume of the following from under unloading in seaport, due to uncouplings influence lowering of railway cars along the line on formations of full-composite routes, excepting their rearrangement along the line.

Construction of "Center of service of railway cars " in preport railway junctions will allow to stabilize operation of many loaded railway directions and technical stations with a long time of parking.

Keywords: preport railway junction, freight cars, maintenance of cars, "center of service of cars", economic effect.

На услугу текущего отцепочного ремонта (ТОР) вагонов [1] железнодорожные операторы, по оценкам аналитиков, тратят 20-60 млрд руб. в год.

Текущий отцепочный ремонт вагона (ТОР) – это особый вид услуги по ремонту груженого или порожнего вагона, с отцепкой от транзитных и прибывших в разборку поездов или от сформированных составов, перевод вагона в нерабочий парк и подача его на специализированные пути. Текущий отцепочный ремонт является одной из основных статей расходов любой компании, занимающейся перевозкой грузов железнодорожным транспортом, и оказывает огромное влияние на логистические издержки.

В [2] установлено, что каждый вагон эксплуатационного парка 2–3 раза в год поступает в текущий отцепочный ремонт, а четырехосные полувагоны даже несколько чаще, так как этот вид подвижного состава более чем в 3 раза интенсивнее используется в работе, чем любой другой вид вагонов.

Основной особенностью ТОР является его неплановый характер, чем обусловлена проблема прогнозирования данного вида работ. Как следствие, компании-операторы сталкиваются с постоянным ростом затрат на ТОР вагонов, что негативно сказывается на их финансовых результатах.

За последние годы количество и стоимость ТОРов в России существенно увеличились в 2011 г. произошел значительный рост текущего отцепочного ремонта – на 57,8%. За этот год количество текущих неисправностей увеличилось более чем в два раза. В 2014 г. было отремонтировано уже 1 255 631 вагон, что составляет 204,5% уровня 2010 г.

Отцепка вагона от состава грузового поезда приводит к увеличению срока доставки груза при его следовании в груженом состоянии и к задержкам в подаче вагонов или же к необходимости привлечения дополнительных вагонов и содержанию резервов вагонного парка при движении вагона в порожнем состоянии.

Неисправность вагона, в результате которой допущена задержка поезда сверх времени, установленного графиком движения на один час и более представлена на рис. 1.

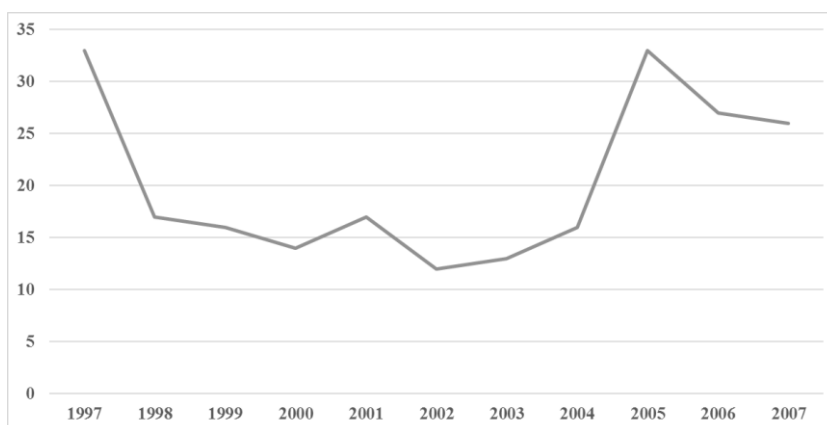


Рис. 1 – Неисправность вагона, в результате которой допущена задержка поезда сверх времени, установленного графиком движения на один час и более для одной из дорог ОАО "РЖД"

Рассмотрим технологию работы железнодорожного оператора вагонов, специализирующегося на перевозке нефтеналивных грузов при обслуживании нескольких нефтеналивных заводов (А), рассредоточенных на территории РФ, отгружающих свою продукцию в адрес одного из морских портов РФ (Б).

Особенностью существующей технологии работы является необходимость устранения влияния на процент маршрутизации вагонопотока с мет погрузки, отцепок вагонов в ТОР при их движении в порожнем состоянии. Для этого приходится содержать значительный резерв вагонного парка во всех пунктах погрузки, т.к. вагоны отцепленные для ТОР в пути следования отправляются в различные вагоноремонтные депо (ТОР), что вызывает увеличение расстояния их следования по сравнению с кратчайшим и сложность с прогнозированием времени их исключения из рабочего парка оператора, особенно при их ремонте на сортировочных станциях в таких железнодорожных узлах как Московский и Санкт-Петербургский, где наблюдаются значительные непроизводительные простои вагонов, а суммарное время от поступления вагона в узел, до его отправки из узла исчисляется несколькими сутками.

Длительность нахождения вагонов в ТОР для сортировочной станции одного из крупнейших железнодорожных узлов РФ представлена на рис. 2.

Общее время нахождения вагонов, следующих в ТОР на станции представлено на рис. 3.

К причинам завышенных длительностей нахождения вагонов в ТОР относятся: очередь на обслуживание, отсутствие средств на личном счету собственника подвижного состава, отсутствие запчастей на данную модель вагонов, перенаправление вагона на деповской ремонт, вагон стран СНГ – ожидание оформления документов, вагон с опасными грузами и т.д.

Одним из возможных вариантов оптимизации работы операторской компании является строительство собственного «Центра сервисного обслуживания вагонов» в предпортовом узле или на железнодорожной станции, прилегающей к предпортовому узлу.

Цель строительства «Центра сервисного обслуживания вагонов» в предпортовом железнодорожном узле – увеличение маршрутизации с порожнего вагонопотока следующего из-под выгрузки в морском порту, поэтому обслуживание повагонных отправок не предусматривается.

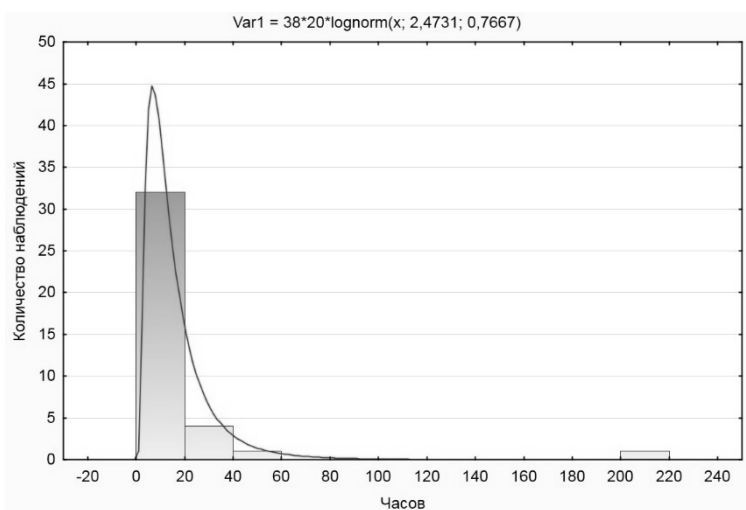


Рис. 2 – Длительность нахождения вагонов в ТОР

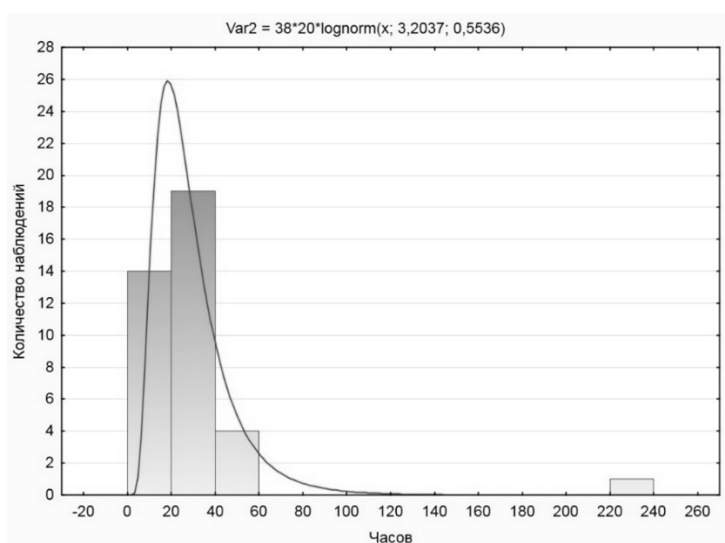


Рис. 3 – Общее время нахождения вагонов, следующих в ТОР на станции

Заинтересованной стороной кроме операторов, специализирующихся на нефтеналивном грузе, могут выступать операторы, специализирующиеся на угольных перевозках, имеющих массовый характер, а в отдельных портах также для обслуживания платформ для контейнерных перевозок.

80 % ТОР вызвано неисправностью колесных пар. Сервисный центр должен производить ТОР по более жестким требованиям для исключения отцепок вагонов от маршрута в пути следования (толщина гребня должна быть не менее 26 мм).

По статистике затраты на доставку вагона в ремонтное депо для ТОР и выполнение этого ремонта выше чем ставка за их выполнение, поэтому РЖД выгодно будет сократить количество ТОРов.

«Центр сервисного обслуживания вагонов» обеспечит:

- Осмотры вагонов;
- Плановые виды ремонтов;
- Профилактический текущий отцепочный ремонт, для исключения отцепки вагонов в пути следования и замена колесных пар;
- Промывочно-пропарочные операции котла цистерны;

- Пополнение исправными вагонами до полной длины (необходим горячий резерв вагонов);
- «Холодная» подготовка (для цистерн – протяжка клапана нижнего сливного прибора);
- Формирования отправительских маршрутов.

Эффект от строительства «Центра сервисного обслуживания вагонов» обслуживания подвижного состава, включающий станцию промывки и пропарки цистерн, в предпортовом узле:

1. Увеличение маршрутизации порожнего вагонопотока;
2. Исключить заинтересованность сотрудников вагонной службы необоснованно отправлять вагоны в депо, ведь имеются частые споры у как правило крупных собственников вагонов (в финансовом плане, а не по количеству вагонов в парке) и вагоноремонтных депо;
3. Снижение рабочего парка вагонов (нет необходимости держать горячий резерв в пунктах погрузки для обеспечения 100 % маршрутизации с мест погрузки);
4. Операторским компаниям исключить ручное управление посредством подсыла годных вагонов в техническом и коммерческом отношениях к местам погрузки для обеспечения 100 % маршрутизации с мест погрузки взамен отцепленных в ремонт вагонов т содержания горячего резерва в местах погрузки;
5. Содержание горячего резерва в порту, а не в местах погрузки позволит сократить количество вагонов в резерве за счет их концентрации в одном месте, а не распыления по станциям погрузки, ведь у крупного оператора их может быть несколько десятков;
6. Сокращение срока доставки грузов в порт и времени следования порожнего состава до станции погрузки за счет исключения стоянок на отцепку неисправных вагонов от состава поезда (в среднем 3-4 часа на отцепку) и ожидания его отправления по следующей доступной нитке графика.

Также следует учесть дополнительный эффект, оценка которого на основании статистических данных вызывает затруднение:

1. Снижение количества отцепок в пути следования для выполнения ТОР с заменой колесных пар (полный оборот вагона из порта и назад в порт при кольцевых маршрутах), т.к. если вагон отцепляется в течение месяца после ремонта, депо получает выговор и такие случаи на сети имеют единичный характер;
2. Сокращение фактических (не тарифных) поездо-километров движения по сети, т.к. ремонтные депо и станции промывки-пропарки не всегда находятся на кратчайшем пути следования поездопотока (оптимизация вагонопотоков);
3. Высвобождение пропускной способности железнодорожных направлений, перерабатывающих способностей технических станций и ремонтных депо в пути следования;
4. Обеспечение движения по твердым ниткам кольцевых маршрутов не только в порт, но и из порта;
5. Исключение движения забракованных к погрузке вагонов на ТОР (текущий отцепочный ремонт) со станций погрузки, т.к. даже крупные станции погрузки не всегда имеют участки проведения ТОР;

6. Высвобождение части локомотивного парка при сокращении количества поездов, следующих от станций погрузки и технических станций в пути следования в адрес вагоноремонтных депо и др.

Структура авторской имитационной модели, с использованием системнодинамического подхода [3-6] представлена на рис. 4.

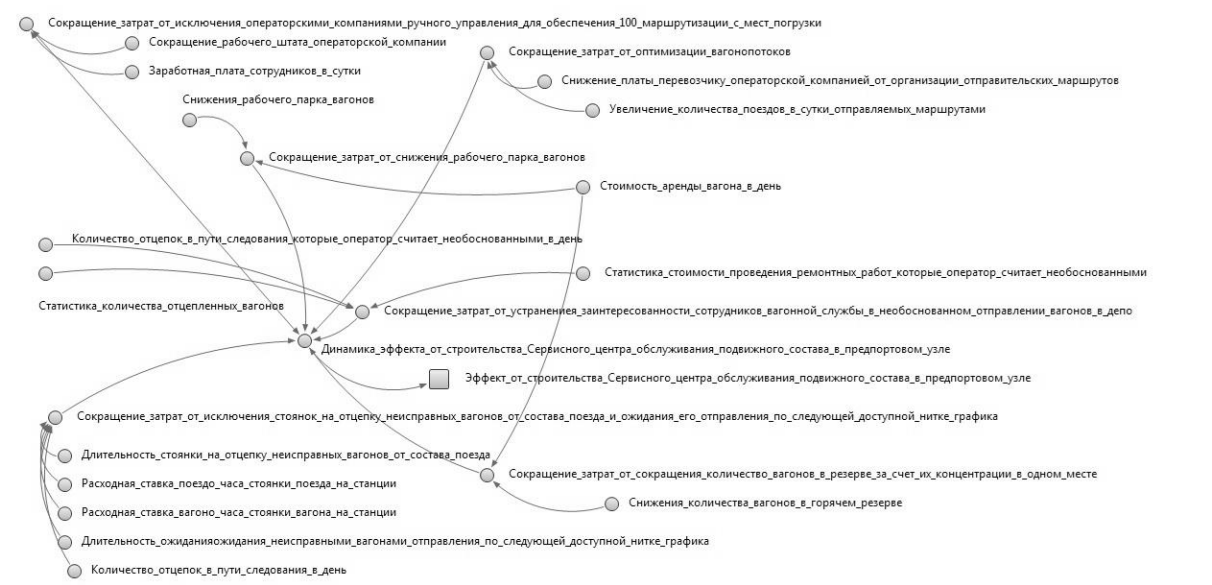


Рис. 4 – Структура авторской имитационной модели, позволяющей оценить эффективность строительства «Центра сервисного обслуживания вагонов»

Шаг моделирования имитационной модели составляет 1 сутки. Имитационная модель позволяет рассчитать экономическую эффективность строительства «Центра сервисного обслуживания вагонов».

Уменьшение количества и продолжительность времени нахождения вагонов, следующих в ТОР на станции возможно после строительства «Центра сервисного обслуживания вагонов».

Для оценки срока окупаемости «Центра сервисного обслуживания вагонов» по утвержденной методике [7] необходимо по каждому поезду направляемому в за отчетный прошлыйгодний период получить от ОАО «РЖД» или заинтересованного владельца вагонов соответствующие статистические данные.

При получении исходных данных разработанная методика позволит проводить технико-экономические обоснования строительства «Центра сервисного обслуживания вагонов».

По мнению автора, устранение перечисленных затрат при строительстве «Центра сервисного обслуживания вагонов» в предпортовых железнодорожных узлах даст в масштабе сети железных дорог РФ положительный эффект окупающие экономические затраты на реализацию проекта и позволит стабилизировать работу многих загруженных железнодорожных направлений и технических станций, являющихся «узкими местами».

Заключение

В статье представлена методика обоснования эффективности строительства «центра сервисного обслуживания вагонов» на основе авторской имитационной модели.

Список литературы

1. Джумайло А. За ремонт вагонов никто платить не хочет // Газета "Коммерсантъ" №80 от 08.05.2015, С. 9.
2. Савин Г.В., Гиниятуллин Р.Н., Потапова Е.В. Специфика формирования стоимости текущего отцепочного ремонта в Российской Федерации // Управленец. – 2016. – №4. – С. 58-65.
3. Тимченко В.С., Ковалев К.Е., Хомич Д.И. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте: монография / Саарбрюккен, Германия: LAP. LAMBERT Academic Publishing, 2017. ISBN 978-3-330-04025-0 – 172 с.
4. Тимченко В.С. Система поддержки принятия решений оценки эффективности мероприятий по сокращению количества отставленных от движения грузовых поездов // Современный стиль управления. – 2016. – С. 348-352.
5. Ковалев К.Е., Тимченко В.С., Галкина Ю.Е. Логистические принципы функций управления оперативным персоналом железнодорожных станций на основе алгоритмического описания: монография / Под ред. А.П. Бадецкого – Саарбрюккен, Германия: LAP. LAMBERT Academic Publishing, 2017. ISBN 978-620-2-06609-9 – 103 с.
6. Тимченко В.С. Методика обоснования строительства парка отстоя в припортовом железнодорожном узле // Вестник транспорта Поволжья. – 2015. – №4. – С. 44-49
7. "Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов" (утв. Минэкономки РФ, Минфином РФ, Госстроем РФ 21.06.1999 N ВК 477), утверждены Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ и Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике от 21 июня 1999 г. №ВК 477, 257 с.

© В.С. Тимченко, 2018

УДК 621.327

ФОРМИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А.И. Алатар, e-mail: mih01@mail.ru, А.А. Михайлов, e-mail: mih01@mail.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В статье сформулированы этапы технологии разработки алгоритма для решающих процедур обратной задачи, с конкретным регулирующим оператором приближенного решения задачи восстановления динамических изображений, для предварительно сформированной модели данной задачи.

Ключевые слова: двумерное интегральное уравнение Фредгольма I рода типа свертки, задача восстановления изображения, функция рассеяния точки, аппаратная функция, интегральная операция свертки, преобразования Фурье, регуляризация Тихонова, дефокусированное изображение, сглаживающий функционал, смаз.

THE FORMATION OF THE RECOVERY ALGORITHMS DYNAMIC IMAGES

A.A. Mikhaylov e-mail: mih01@mail.ru, A. I. Alatar

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

The article defines the stages of the technology development of the algorithm for the generated model problem of recovering a dynamic image.

Keywords: two-dimensional integral Fredholm equation of the first kind of the convolution type, the problem of image reconstruction, a function of scattering point spread function, the integral operation of convolution, Fourier transform, Tikhonov regularization, defocused image, the smoothing functional, smearing.

Постановка задачи исследования

Сформированные модели позволяют разработать алгоритма решения задачи (последовательности действий и логики решения задачи):

- описание способов формирования резульатной информации с указанием последовательности выполнения логических и арифметических действий;
- описание связей между частями, операциями, формулами алгоритма;
- алгоритм должен учитывать общий и все частные случаи решения задачи;
- выбор метода проектирования алгоритма;
- выбор формы записи алгоритма (блок-схемы, псевдокод и др.). При описании алгоритма используются условные обозначения (идентификаторы) реквизитов, присвоенные при описании исходной и резульатной информации; допускается текстовое описание алгоритма.

- планирование методики тестирования выбор тестов и метода тестирования. При этом необходимо предусмотреть контроль вычислений на отдельных этапах, операциях выполнения алгоритма, для чего указываются контрольные соотношения, которые позволяют выявить ошибки;

- проектирование алгоритма.

В данной статье рассматривается вопросы системного и фундаментального характера, соответствующая Указу Президента РФ от 07.07.2011 «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации» в сфере разработки критических технологий проектирования программных комплексов сложных информационных, управляющих и навигационных систем путем создания новых алгоритмов обработки динамических изображений, позволяющих в условиях априорной неопределенности уменьшить искажения и обеспечивающих их функционирование.

Цель настоящей главы – разработка алгоритма обработки изображений, позволяющего в условиях априорной неопределенности уменьшить искажения и при этом свести к минимуму интерактивное вмешательство оператора.

Общий анализ задачи восстановления изображения

С точки зрения современной математики все задачи принято условно делить на корректно и некорректно поставленные. Так задача с операторным уравнением на метрических пространствах Z, G

$$\mathfrak{R}z = g, \quad z \in Z, \quad g \in G, \quad (1)$$

является корректно поставленной по Адамару [1, 2], если

1. $\forall g \in G \exists z \in Z : \mathfrak{R}z = g$ (решение существует для любой правой части);
2. решение единственно;
3. решение непрерывно зависит от данных задачи.

Непрерывная зависимость от данных задачи означает следующее. Пусть имеется два операторных уравнения с мало различающимися правыми частями $\mathfrak{R}z = g, \quad \mathfrak{R}z_\delta = g_\delta$, такие, что из неравенства $\|g - g_\delta\|_F \leq \delta$ вытекает $\|z - z_\delta\|_U \leq \varepsilon$, причём $\varepsilon \rightarrow 0$, если $\delta \rightarrow 0$ (условие устойчивости).

Если нарушается хотя бы одно из условий 1-3, то задача становится некорректной, примером которой является решение интегрального уравнения Фредгольма 1-го рода с гладким ядром

$$\Re z = \int_a^b k(x, s)z(s)ds = g(x), \quad x \in [c, d]$$

Будем считать для определенности, что

$$k(x, s), k_x(x, s), k_s(x, s) \in C([c, d] \times [a, b]), \quad z \in C[a, b], \quad g \in C[c, d].$$

Оператор $A: Z \rightarrow G$ является линейным, положительным и самосопряженным оператором. Задача (1) в естественном классе Z является практически недоопределенной обратной задачей. Исходными данными в этой задаче являются правая часть $g \in G$ и оператор $\Re$ уравнения (1). Упомянутая недоопределенность возникает, когда оператор $\Re$ является вполне непрерывным оператором. Обратный оператор $\Re^{-1}$ является неограниченным, и тем самым нарушаются все три требования в определении корректности по Адамару.

Предположим, что оператор $\Re$ нам известен точно, а правая часть уравнения $\Re z = g$ известна с точностью δ , т. е. вместо её точного значения $g_{\text{вх}}$ нам известен элемент g_δ и число δ такое, что $\rho_G(g_{\text{вх}}, g_\delta) \leq \delta$. По этим данным, т. е. по $\{g_\delta, \delta\}$, требуется найти такой элемент $z_\delta \in Z$, который стремился бы в метрике пространства Z к элементу $z_{\text{вх}}$ при $\delta \rightarrow 0$. Такой элемент называется приближенным (относительно $z_{\text{вх}}$) решением уравнения $\Re z = g_\delta$. Не каждый найденный z_δ можно брать в качестве приближенного решения.

Для отбора возможных решений необходимо использовать имеющуюся любую дополнительную качественную и количественную информацию о решении, что приводит к понятию квазирешения, разработанного в [1, 3 – 5]. Так количественная дополнительная информация, приводящая к выделению компакта в Z множества M , устраняет неустойчивость решения обратной задачи и изначально некорректно поставленная задача становится корректно поставленной задачей.

При качественной дополнительной информации (гладкость решения, ограниченность производной и т. д.) или априорной информации о принадлежности решения множеству M , на котором решение рассматриваемой задачи было бы устойчиво, для построения приближенных решений операторного уравнения первого рода (1) используется фундаментальное понятие регуляризирующего оператора [2].

В случае если обратный оператор $\Re^{-1}$ существует, но не является непрерывным оператором на образе множества Z при отображении его с помощью оператора $\Re$, т. е. на множестве $\Re Z$, то задача (1) является существенно некорректной, т. е. в уравнении (1) малое изменение правой части $g \in G$, связанное с ее приближенным характером, может выводить за пределы множества $\Re Z$.

Пусть множество возможных решений Z уравнения (1) не является компактом. Допустим, априори известно, что функция $z_{\text{вх}}$ является решением уравнения (1) при точно заданной правой части $g = g_{\text{вх}}$, т. е. $\Re z_{\text{вх}} = g_{\text{вх}}$.

Если в (1) вместо точно заданной правой части $g_{\text{вх}}$ известны ее приближения g_δ , а также число δ , характеризующее степень близости g_δ к $g_{\text{вх}}$, то задача состоит в том, чтобы по известным данным $\{g_\delta, \delta\}$ найти приближенное решение z_δ к точному решению $z_{\text{вх}}$, обладающее свойством устойчивости к малым изменениям g_δ . Элемент $z_\delta = \Re^{-1} g_\delta$ не является приближенным решением уравнения (1) с приближенной правой частью $g = g_\delta$: $\rho_G(g_{\text{вх}}, g_\delta) \leq \delta$, поскольку элемент z_δ существует не для произвольного элемента $g \in G$, т. е. он не обладает свойством устойчивости к малым изменениям правой части g . Необходимо определить приближенное решение z_δ уравнения (1) с помощью некоторого оператора, который зависит от чис-

лового параметра $\delta \geq \rho_G(g_{\text{вх}}, g_\delta)$. Значения этого оператора надо брать согласованными с погрешностью δ : эта согласованность должна быть такой, чтобы при приближении в метрике пространства G правой части g_δ уравнения (1) к точному значению $g_{\text{вх}}$, найденное с помощью некоторого оператора, зависящего от параметра δ , приближенное решение z_δ приближалось в метрике пространства Z к искомому точному решению $z_{\text{вх}}$ уравнения $\Re z_{\text{вх}} = g_{\text{вх}}$.

Формализация алгоритма решения задачи восстановления изображений

Математически задача восстановления изображений, искаженных линейной пространственно-инвариантной системой (однородной системой) можно представить как [6]

$$z(x, y) \otimes k(x, y) = g(x, y), \quad -\infty < x, y < \infty, \quad (2)$$

а с учетом аддитивного шума $n(x, y)$ этой системы, описывается двумерным *интегральным уравнением Фредгольма I рода типа свертки* в виде

$$z(x, y) \otimes k(x, y) + n(x, y) = \int_{-\infty-\infty}^{\infty \infty} k(x - \xi, y - \eta) z(\xi, \eta) d\xi d\eta + n(x, y) = g(x, y), \quad -\infty < x, y < \infty, \quad (3)$$

где ядро интегрального уравнения $k(x, y)$ функция рассеяния точки (ФРТ, *PSF*) («аппаратная функция» регистрирующей системы), $\otimes$ - интегральная операция свертки.

Задача восстановления изображения формулируется как воссоздания исходного изображения $z(x, y)$ по наблюдаемому искаженному изображению $g(x, y)$. Методы восстановления основаны на моделировании процесса искажения и применении обратных процедур для получения исходного изображения. Стохастичность является неотъемлемой чертой всякой реальной системы и должна входить в формулировку обратной задачи. Статистические подходы и методы решения некорректных обратных задач являются прямым следствием стохастичности реальной системы формирования изображения.

Обрабатывать такую информацию можно лишь рациональной организацией вычислений. Для конкретных задач восстановления изображений можно применять эффективные способы обработки с учетом особенностей и ограничений этой конкретной задачи. Для решения задач восстановления изображений необходимо выделить набор стандартных операций, из которых можно строить алгоритмы для решения произвольных задач. К их числу относятся линейные преобразования, двумерная свертка и двумерное дискретное преобразование Фурье.

Особенность изображений состоит в том, что отдельные элементы изображения находятся в определенной связи с соседними элементами. Поэтому большинство алгоритмов преобразования изображений носит локальный характер, т. е. обрабатывают изображения по группам элементов, располагающихся в окрестности вокруг данного. Линейные преобразования удовлетворяют свойству локальности и допускают построение алгоритмов, вычислительная сложность которых мало зависит от размеров охватываемой окрестности. Такие же свойства требуются и от нелинейных преобразований изображений. К классу таких преобразований относятся алгоритмы, которые называют алгоритмами ранговой фильтрации, основанными на вычислении локальных ранговых статистик изображений. При вычислении ранговых статистик и производных от них возможны упрощения, связанные с информационной избы-

точностью изображений. Наиболее известный алгоритм этого класса - алгоритм медианной фильтрации. Другими примерами ранговых алгоритмов могут служить алгоритмы экстремальной фильтрации, которые заменяют анализируемый элемент изображения максимумом или минимумом по окрестности. Еще одно свойство ранговых алгоритмов - локальная адаптация к характеристикам обрабатываемого изображения и потенциальные возможности их использования не только для сглаживания и очистки от шумов, но и для выделения признаков при автоматическом распознавании изображений.

Исследование свойств аппаратной функции

При условии существования и единственности решения уравнение (1) для некорректной задачи должна обладать «сглаживающим» действием ядра.

Близость зарегистрированной функции $z^*(y)$ к точному образу $z(y)$ определим точностью до ошибки ε :

$$\max_{c \leq y \leq d} |z^*(y) - z(y)| \leq \varepsilon. \quad (4)$$

Решение обратной задачи для уравнения (2) дополним предположением о том, что регистрируемая функция $z^*(y)$ есть сумма точной правой части $z(y)$ и стационарного случайного процесса $\delta(y)$ (помехи) с нулевым средним и корреляционной функцией $\Delta(\eta) = \langle \delta(y)\delta(y+\eta) \rangle$. Формальное решение уравнения (2) получается с помощью преобразования Фурье:

$$z(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{ipx} \frac{\tilde{Z}(\omega)}{\tilde{K}(\omega)} d\omega, \quad (5)$$

где знаком $\sim$ отмечено преобразование Фурье от соответствующей функции.

Найдем дисперсию функции $z(x)$, если вместо $z(x)$ в правую часть формулы (5) подставить $z^* = z + \delta$

$$D(z) = \langle z^2 \rangle - \langle z \rangle^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{G(\omega)}{|\tilde{K}(\omega)|^2} d\omega, \quad (6)$$

где $G(\omega) = \tilde{\Delta}(\omega)$ – спектр мощности процесса $\delta(y)$. Преобразование Фурье $\tilde{K}(\omega)$ аппаратной функции (передаточная функция) обладает тем свойством, что

$$|\tilde{K}(\omega)| \rightarrow 0 \text{ при } |\omega| \rightarrow \infty. \quad (7)$$

Чтобы дисперсия решения задачи (2) оставалась конечной, спектр мощности шумов $G(\omega)$ должен быстро убывать при $|\omega| \rightarrow \infty$. Это накладывает жесткие ограничения на класс процессов $\delta(y)$, допустимых в качестве помех. На практике эти условия никогда не выполняются, так как помеха всегда содержит компоненту «белого шума», и при $|\omega| \rightarrow \infty$ спектр $G(\omega)$ стремится к конечному пределу. Поэтому дисперсия решения по формуле (6) получается бесконечной, а подстановка в формулу (5) вместо $\tilde{Z}(\omega)$ найденной из эксперимента функции $\tilde{Z}^*(\omega)$ невозможна, поскольку высокочастотные компоненты $\tilde{Z}^*(\omega)$, которые возникают из-за наличия помехи и которых не должно быть в истинной функции $z(y)$, делятся согласно формуле (5) на малые собственные числа $\tilde{K}(\omega)$ и дают в решении большие (а при $|\omega| \rightarrow \infty$ бесконечно большие) осцилляции.

Условие (7) эквивалентно классической некорректности задачи (2), а для корректности: $|\tilde{K}(\omega)| > \varepsilon > 0$ при $|\omega| \rightarrow \infty$, и конечность дисперсии $D(z)$ обеспечена

для гораздо более широкого класса процессов $\delta(y)$: достаточно, чтобы дисперсия самого процесса $\delta(y)$ была ограничена.

Восстановление зашумленного изображения методом преобразования Фурье и регуляризации Тихонова

Большую группу методов для решения задачи восстановления составляют итерационные методы решения задач восстановления изображений [7], в которых по известному приближению ищется более точное, что допускает учет важных физических ограничений, накладываемых на решение, непосредственно в итерационной схеме.

Чтобы пояснить суть итерационного алгоритма, представим выражение (1) в операторном виде:

$$g = \mathfrak{R}z,$$

где $\mathfrak{R}$ – обозначение оператора искажения.

Если существует обратный оператор $\mathfrak{R}^{-1}$, то процедуру восстановления изображения можно выразить соотношением

$$z = \mathfrak{R}^{-1}g. \tag{8}$$

Представим обратный оператор разложением в ряд Неймана:

$$\mathfrak{R}^{-1} = \mathfrak{I} + \sum_{m=1}^{\infty} (\mathfrak{I} - \mathfrak{R})^m, \tag{9}$$

в котором оператор $\mathfrak{I}$ является единичным оператором, т.е. $\mathfrak{I}f = f$.

Соотношение (8) можно представить как

$$z_{k+1} = g + \sum_{m=1}^{\infty} (\mathfrak{I} - \mathfrak{R})^m g. \tag{10}$$

Тогда $(k + 1)$ -й член разложения в ряд соотношения (9) определяется формулой

$$z_{k+1} = g + \sum_{m=1}^{k+1} (\mathfrak{I} - \mathfrak{R})^m g = g + (\mathfrak{I} - \mathfrak{R}) \left[g + \sum_{m=1}^k (\mathfrak{I} - \mathfrak{R})^m g \right] = g + (\mathfrak{I} - \mathfrak{R})z_k,$$

которая определяет итерационную процедуру решения обратной задачи.

Итерационная процедура (10) получения приближения z_{k+1} по приближению z_k является основой большинства реализуемых на практике итерационных алгоритмов [7]. Однако в таком простейшем виде итерационный алгоритм не имеет преимуществ по сравнению с решением обратной задачи методом линейной фильтрации. Ситуация качественно меняется, если в итерационную схему ввести нелинейные ограничения.

В предлагаемом алгоритме на каждой итерации используется оператор S ограничений на положительность решения

$$S\{z(x, y)\} = \begin{cases} z(x, y), & z(x, y) \geq 0 \\ 0, & z(x, y) < 0 \end{cases} \tag{11}$$

и оператор N нормировки решения на диапазон допустимых значений

$$N\{z(x, y)\} = z(x, y) \frac{\max(g) - \min(g)}{\max(z) - \min(z)}, \tag{12}$$

где $\min(.)$ и $\max(.)$ – минимальное и максимальное значения соответствующей функции.

Применение последнего оператора позволяет уменьшить вероятность появления ложных цветов в восстановленном изображении, а также ускорить сходимость итерационного процесса примерно на порядок.

Одним из критериев эффективности итерационного метода является сходимость процесса восстановления изображения. Отличие предлагаемого алгоритма от алгоритмов, описанных в работе [7], заключается в обеспечении сходимости на каждой итерации. Для этого применяется линейный восстанавливающий оператор, уменьшающий осцилляции решения. Таким оператором может быть, например, линейный оператор, реализующий эволюционную фильтрацию или регуляризацию Тихонова.

В схеме предлагаемого итерационного алгоритма используется оптимальный фильтр Винера. При использовании фильтра, передаточная функция которого имеет вид

$$Y_V(\omega_X, \omega_Y) = \frac{\tilde{h}^*(\omega_X, \omega_Y)}{|\tilde{h}^*(\omega_X, \omega_Y)|^2 + \frac{P_n(\omega_X, \omega_Y)}{P_f(\omega_X, \omega_Y)}}, \quad (13)$$

в интерактивном режиме не требуется подбирать параметры регуляризации, как, например, в случае эволюционного фильтра.

В формуле (13) использованы следующие обозначения: $P_n(\omega_X, \omega_Y)$ - энергетический спектр шума; $P_f(\omega_X, \omega_Y)$ - энергетический спектр исходного изображения.

Фильтр Винера обеспечивает минимальное среднеквадратическое отклонение восстановленного от исходного изображения при наборе априори известных сведений о восстанавливаемом изображении и искажениях этого изображения, а также аддитивных шумах.

Восстанавливающий оператор $\mathbf{R}_V$, реализующий фильтр Винера, определяется как

$$\mathbf{R}_V\{z(x, y)\} = \mathbf{F}^{-1}\{Y_V(\omega_X, \omega_Y) f(\omega_X, \omega_Y)\}.$$

Применение оператора $\mathbf{R}_V$ позволяет значительно улучшить качество восстановленного изображения, не прибегая к вмешательству человека - оператора в процесс восстановления.

Итерационная схема (10) с учетом соотношений (11), (12) приобретает вид

$$z_{k+1} = g + (\mathfrak{I} - \mathbf{N}\mathfrak{R}\mathbf{R}_V)\mathbf{S}z_k.$$

Для использования данного алгоритма необходимо иметь передаточную функцию $\tilde{h}(\omega_X, \omega_Y)$ линейных искажений системы регистрации, энергетический спектр $P_n(\omega_X, \omega_Y)$ аддитивного шума, а также энергетический спектр $P_f(\omega_X, \omega_Y)$ исходного изображения. Существенным достоинством предлагаемого алгоритма является то, что допускается использование приближенных оценок перечисленных характеристик.

Известно несколько способов [7, 8] оценки передаточной функции линейных искажений системы регистрации. Для повышения уровня автоматизации в алгоритме восстановления изображения использовался метод оценки передаточной функции, основанный на измерении пограничной кривой с последующим ее дифференцированием и вычислением преобразования Фурье.

Характер энергетического спектра шума примерно одинаков для большинства современных систем регистрации изображений. Поэтому его оценкой вполне может служить оценка энергетического спектра, полученная для типовых систем регистрации в виде аналоговых или цифровых камер. В процедуре восстановления изображения необходимо приводить типовую характеристику энергетического

спектра шума к абсолютным значениям, которые связаны с дисперсией шума в восстанавливаемом изображении, а дисперсия шума оценивается на участках изображения, имеющих равномерную текстуру.

Для оценки энергетического спектра $P_z(\omega_x, \omega_y)$ исходного изображения в [7] использовался метод “прототипа”. Суть этого метода заключается в отнесении восстанавливаемого изображения к одному из типовых классов, например к классу изображений номеров машин, классу изображений человеческих лиц и др. При восстановлении искаженного изображения осуществляют выбор энергетического спектра, соответствующего прототипу в базе данных типовых неискаженных изображений.

Восстановление дефокусированного изображения методом преобразования Фурье и регуляризации Тихонова

Задача нахождения приближенного решения уравнения (1), устойчивого к малым изменениям правой части, сводится к решению двух задач [2]:

- Найти регуляризирующий оператор для уравнения $\mathcal{R}z=g$ относительно элемента $g_{\text{вх}}=\mathcal{R}z_{\text{вх}}$;

- Определить параметр регуляризации α по дополнительной информации о задаче, например, по величине погрешности, с которой задается правая часть g_δ .

Рассмотрим одномерное интегральное уравнение Фредгольма I рода типа свертки:

$$\mathcal{R}z \equiv \int_{-\infty}^{\infty} k(x-\xi)z(\xi)d\xi = g(x), \quad -\infty < x < \infty. \quad (14)$$

Применительно к нему в методе регуляризации Тихонова решение находится из условия минимума сглаживающего функционала:

$$\int_{-\infty}^{\infty} [\mathcal{R}z - g(x)]^2 dx + \alpha \int_{-\infty}^{\infty} M(\omega)|Y(\omega)|^2 d\omega = \min_w, \quad (15)$$

где

$$M(\omega) = |\omega|^{2q} \quad (16)$$

–регуляризатор q -го порядка, причем $q \geq 0$ –порядок регуляризации, обычно $q=1$.

Из условия (15) получается выражение для регуляризованного решения

$$z_\alpha(\xi) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\lambda(-\omega)F(\omega)}{L(\omega) + \alpha M(\omega)} \exp(-i\omega\xi) d\omega, \quad (17)$$

где

$$L(\omega) = |\lambda(\omega)|^2 = \lambda(\omega)\lambda(-\omega) = \text{Re}^2\lambda(\omega) + \text{Im}^2\lambda(\omega). \quad (18)$$

Уравнение (1) как двумерное интегральное уравнение Фредгольма I рода типа свертки может быть решено методом двумерного ПФ (инверсная фильтрация). Решение записывается в виде ОПФ

$$z(\xi, \eta) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Z(\omega_1, \omega_2) \exp[-i(\omega_1\xi + \omega_2\eta)] d\omega_1 d\omega_2, \quad (19)$$

где ПФ (спектр) решения

$$Z(\omega_1, \omega_2) = \frac{G(\omega_1, \omega_2)}{K(\omega_1, \omega_2)}, \quad (20)$$

где $G(\omega_1, \omega_2)$ и $K(\omega_1, \omega_2)$ – преобразования Фурье (спектры) правой части и ядра интегрального уравнения

$$G(\omega_1, \omega_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} g(x, y) \exp[i(\omega_1 x + \omega_2 y)] dx dy \quad (21)$$

$$K(\omega_1, \omega_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} k(x, y) \exp[i(\omega_1 x + \omega_2 y)] dx dy \quad (22)$$

Ядро выражается аналитической формулой, поэтому $K(\omega_1, \omega_2)$ может быть найдено аналитически согласно (16). А $G(\omega_1, \omega_2)$ (как и $K(\omega_1, \omega_2)$) должно быть найдено численно по стандартной программе двумерного ДПФ (обычно в виде БПФ).

Задача решения уравнения (1) является некорректной [2], поскольку функция g измеряется с погрешностью, что ведет к большим погрешностям решения $z(\xi, \eta)$. Поэтому формулы (14)–(16) не годятся для устойчивого решения уравнения (1). Устойчивое решение уравнения (1) методами двумерного ПФ и регуляризации Тихонова имеет вид

$$z_\alpha(\xi, \eta) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Z_\alpha(\omega_1, \omega_2) \exp[-i(\omega_1 \xi + \omega_2 \eta)] d\omega_1 d\omega_2, \quad (23)$$

где

$$Z_\alpha(\omega_1, \omega_2) = \frac{K(-\omega_1, -\omega_2)G(\omega_1, \omega_2)}{L(\omega_1, \omega_2) + \alpha M(\omega_1, \omega_2)}, \quad (24)$$

$M(\omega_1, \omega_2) = (\omega_1^2 + \omega_2^2)^2$ – регуляризатор, $\alpha > 0$ – параметр регуляризации, $K(\omega)$ для решаемой задачи реконструкции дефокусированного изображения **равно**

$$K(\omega_1, \omega_2) = 2 \frac{J_1(\omega R)}{\omega R}, \quad \omega^2 = \omega_1^2 + \omega_2^2,$$

где $J_1(\bullet)$ – функция Бесселя 1-го порядка.

Решение (17)–(18) при правильно выбранных значениях α и δ (или ρ) обладает устойчивостью и достаточной разрешающей способностью.

Выбор параметра регуляризации при восстановлении дефокусированного изображения

Важным является вопрос о выборе значения параметра регуляризации α . Разработан ряд способов выбора в методе регуляризации Тихонова [6, 9]. Выбор α можно осуществлять способом невязки или обобщенным принципом невязки [9]. Разработаны также следующие способы выбора параметра регуляризации α : способ квазиоптимального (квазинаилучшего), способ отношения, способ независимых реализаций, способ перекрестной значимости, способ моделирования и др. [6, 10]. Однако для задачи реконструкции изображений, как показала практика, более эффективен способ подбора [11, 12].

Для задачи восстановления дефокусированных изображений выбор α осуществлялся способом подбора. Согласно ему, для ряда значений α вычисляются решения $z_\alpha(\xi, \eta)$ по вышеизложенным формулам, они выводятся на дисплей в графической форме и выбирается значение α , дающее наилучшее восстановление изображения с точки зрения визуальных, физиологических (но не математических) критериев восприятия. Способ подбора можно назвать также визуальным критерием, или критерием качественной оценки. Этот способ эффективен при реконструкции реальных дефокусированных изображений, когда истинное изображение z неизвестно. Если же обрабатывается смоделированное изображение, ко-

гда w известно, то наряду с качественной оценкой следует использовать также количественную оценку среднеквадратического отклонения (СКО) регуляризованного решения $z_\alpha(\xi, y)$ от точного z .

Восстановление смазанного изображения

Известен ряд методов устранения смаза [7, 8, 13 – 15]. Область применимости каждого из них определяется требованиями к скорости и качеству восстановления. На практике, несмотря на невозможность экстраполяции спектра и учета ограничений на получаемые решения, наиболее широкое распространение приобрели линейные методы. Это объясняется простотой их реализации и высокой скоростью вычислений.

Для определения функцией смаза точки представим смазанное изображение $g_{\text{см}}(x, y)$ как свертку изображения $g(x, y)$, регистрируемого формирующей оптико-электронной системой в отсутствие смаза, и функция смаза точки

$$g_{\text{см}}(x, y) = g(x, y) \otimes h_{\text{см}}(x, y). \quad (25)$$

В пространственно-частотной области соотношение (25) преобразуется к виду

$$G_{\text{см}}(\omega_x, \omega_y) = G(\omega_x, \omega_y) H_{\text{см}}(\omega_x, \omega_y),$$

где $H_{\text{см}}(\omega_x, \omega_y)$ – функция передачи смаза,

$$H_{\text{см}}(\omega_x, \omega_y) = \frac{1}{T} \int_0^T \exp\{-i2\pi[\omega_x x_0(t) + \omega_y y_0(t)]\} dt.$$

С другой стороны, формирование смазанного изображения можно описать интегральным уравнением [13]

$$g_{\text{см}}(x, y) = \frac{1}{T} \int_0^T g[x - x_0(t), y - y_0(t)] dt. \quad (26)$$

где T – время экспонирования; $x_0(t)$, $y_0(t)$ – закон движения изображения объекта.

После перехода в пространственно-частотную область и осуществления несложных преобразований выражение (26) принимает вид

$$G_{\text{см}}(\omega_x, \omega_y) = \frac{1}{T} G(\omega_x, \omega_y) \int_0^T \exp\{-i2\pi[\omega_x x_0(t) + \omega_y y_0(t)]\} dt.$$

Суть линейных методов заключается в синтезе передаточной функции $H_{\text{восст}}(\omega_x, \omega_y)$ восстанавливающего линейного фильтра, так что восстановленное изображение $g(x, y)$ представляется в виде

$$g(x, y) = F^{-1}\{G_{\text{см}}(\omega_x, \omega_y) H_{\text{восст}}(\omega_x, \omega_y)\}, \quad (27)$$

где F^{-1} – обратное преобразование Фурье

В работах [7, 8, 13] приведено множество линейных частотных восстанавливающих фильтров. Передаточная функция $H_{\text{восст}}(\omega_x, \omega_y)$ каждого из них зависит от функции передачи смаза и характеристик шума, который в большинстве практически важных случаев считают не коррелированным с изображением. Разумный компромисс между разрешением и зашумленностью восстановленного изображения достигается, как правило, интерактивным вмешательством пользователя в процесс восстановления посредством изменения некоторых числовых параметров.

Алгоритм моделирования функции смаза точки допускает задание смаза несколькими способами: зависимостями $x_0(t)$ и $y_0(t)$ координат от времени и функциональной зависимостью координат $y_0(x_0)$ или массивом координат траекторных точек. Задание непосредственно $H_{\text{см}}(\omega_x, \omega_y)$, т.е. пространственно-частотного

спектра функции $h_{cm}(x, y)$, избавляет от необходимости осуществлять преобразование Фурье, быстрому варианту которого свойственны погрешности.

Для восстановления изображения путем моделирования функции передачи смаза задают закон движения изображения объекта, условия съемки, параметры формирующей оптико-электронной системы, характеристики шума, и вид используемой фильтрации: инверсная, винеровская, среднегеометрическая, эволюционная или регуляризация Тихонова. При этом шумовые характеристики, необходимые для использования восстанавливающих фильтров, предварительно оцениваются на основе экспериментального исследования формирующей оптико-электронной системы. Для восстановления изображения при смазе согласно (27) возможно с помощью нескольких синтезированных фильтров:

1). Фильтра Винера

$$H_V(\omega_x, \omega_y) = \frac{H_{cm}^*(\omega_x, \omega_y)}{|H_{cm}(\omega_x, \omega_y)|^2 + \frac{P_n(\omega_x, \omega_y)}{P_s(\omega_x, \omega_y)}},$$

где $P_n(\omega_x, \omega_y)$ – энергетический спектр аддитивного шума формирующей оптико-электронной системы, $P_s(\omega_x, \omega_y)$ – энергетический спектр исходного неискаженного изображения.

2). Фильтра, реализующего регуляризацию Тихонова

$$H_T(\omega_x, \omega_y) = \frac{H_{cm}^*(\omega_x, \omega_y)}{|H_{cm}(\omega_x, \omega_y)|^2 + \alpha Q(\omega_x, \omega_y)},$$

где $Q(\omega_x, \omega_y) = 10^{-12} + 10^{-13}(\omega_x^2 + \omega_y^2) + 10^{-14}(\omega_x^2 + \omega_y^2)^2$, $\alpha = 0.005$.

3). Эволюционного фильтра

$$H_E(\omega_x, \omega_y) = \left(\frac{1}{H_n(\omega_x, \omega_y)} \right)^\sigma \left(\frac{|H_n(\omega_x, \omega_y)|^2}{|H_n(\omega_x, \omega_y)|^2 + \alpha Q(\omega_x, \omega_y)} \right)^\mu,$$

где $\sigma = 0.92$, $\mu = 0.4$.

При этом возможно интерактивное вмешательство в ход многовариантного анализа в процесс подбора передаточной функции восстанавливающего фильтра за счет изменения параметров, определяющих отношение сигнал-шум.

ВЫВОД

1. Математически задача восстановления изображений, искаженных линейной пространственно-инвариантной системой (однородной системой) с учетом аддитивного шума $n(x, y)$ этой системы, описывается двумерным интегральным уравнением Фредгольма I рода типа свертки, ядро которого $k(x, y)$ функция рассеяния точки (ФРТ, PSF) («аппаратная функция» регистрирующей системы).

2. При условии существования и единственности решения уравнение для некорректной задачи должна обладать «сглаживающим» действием ядра, $|\tilde{K}(\omega)| > \varepsilon > 0$ при $|\omega| \rightarrow \infty$, и конечность дисперсии $D(z)$ обеспечена для гораздо более широкого класса процессов $\delta(y)$: достаточно, чтобы дисперсия самого процесса $\delta(y)$ была ограничена.

3. Критерием эффективности итерационного метода восстановления зашумленного изображения методом преобразования Фурье и регуляризации Тихонова является сходимость процесса восстановления изображения на каждой ите-

рации. Для этого применяется линейный восстанавливающий оператор, реализующий эволюционную фильтрацию или регуляризацию Тихонова и уменьшающий осцилляции решения.

4. Задача нахождения приближенного решения задачи восстановления дефокусированного изображения методом преобразования Фурье и регуляризации Тихонова, устойчивого к малым изменениям правой части, сводится к решению двух задач: найти регуляризирующий оператор для уравнения $Az=g$ относительно элемента $g_{вх}=Az_{вх}$; определить параметр регуляризации α по дополнительной информации о задаче, например, по величине погрешности, с которой задается правая часть g_{δ} . Задача решения уравнения (1) является некорректной, поскольку функция g измеряется с погрешностью, и это ведет к большим погрешностям решения $z(\xi, \eta)$.

5. Алгоритм восстановления смазанного изображения сводится к моделированию функции смаза точки, причем область применимости каждого алгоритма определяется требованиями к скорости, которая определяет закон движения изображения объекта, и качеством восстановления используемой формирующей оптико-электронной системы.

Список цитируемой литературы

1. Лаврентьев М.М., Васильев В.Г. О постановке некоторых некорректных задач математической физики.–Сибирский матем. ж. , 1966, т. 7, № 3, –С. 559–576
2. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач.–М.: Наука, 1986. – 181 с.
3. Вальд А. Статистические решающие функции.–В кн. : Позиционные игры. –М.: Наука, 1967. – С. 300 – 522.
4. Ченцов Н.Н. Статистические решающие правила и оптимальные выводы. –М. Наука, 1972.–520 с
5. Судаков В.Н., Халфин Л.А. Статистический подход к корректности задач математической физики. – Докл. АН СССР, 1964, т. 157, № 5, с. 1058–1060.
6. Верлань А.Ф., Сизиков В.С. Интегральные уравнения: методы, алгоритмы, программы. – Киев: Наук. думка, 1986. – 544 с.
7. Василенко Г.И., Тараторин А.М. Восстановление изображений. – М.: Радио и связь, 1986. – 304 с.
8. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
9. Тихонов А.Н., Гончарский А.В., Степанов В.В., Ягола А.Г. Численные методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1990. – 232 с.
10. Воскобойников Ю.Е., Преображенский Н.Г., Седельников А.И. Математическая обработка эксперимента в молекулярной газодинамике. – Новосибирск: Наука, 1984. – 240 с.
11. Сизиков В.С., Белов И.А. Реконструкция смазанных и дефокусированных изображений методом регуляризации // Оптический журнал. – 2000. – Т. 67, № 4. – С. 60 – 63.
12. Сизиков В.С. Математические методы обработки результатов измерений. - СПб.: Политехника, 2001. – 240 с
13. Прэйт У. Цифровая обработка изображений. – М.: Мир, 1982. – Кн.1 – 312 с.
14. Сизиков В.С. Устойчивые методы обработки результатов измерений. – СПб.: Специальная литература, 1999. – 239 с.
15. Колочкин В.Я., Мачихин А.С. Модифицированный итерационный алгоритм восстановления изображений.//Вестник МГТУ. Сер. Приборостроение. – 2007. – №1. – С. 114–121.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ПРИ СТРУКТУРНОМ СИНТЕЗЕ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ СКОРОСТИ ОБЪЕКТОВ

М.С. Акулов, e-mail: maksim.akulov.1996@mail.ru,

В.Д. Бондаренко, e-mail: wdbondarenko@gmail.com,

В.И. Леухин, e-mail: leuxinvadim@gmail.com,

С.Г. Январёв, e-mail: serg_yan@list.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В данной статье рассматривается применение системного подхода при структурном синтезе измерителей скорости объектов в двух аспектах. Первый аспект. Наблюдаемый объект обладает некоторой инерцией движения. Поэтому возможна аппроксимация закона его движения и использование измерительной информации, полученной на одних участках траектории движения, для других, более ответственных участков. Второй аспект. Измерение скорости сопровождается перемещению источника измерительной информации в пространстве. Возможно использование множества идентичных датчиков, распределенных вдоль траектории движения. Множество взаимных положений движущегося объекта и типового датчика будут периодически повторяться. Аперiodической функции закона движения объекта будет соответствовать периодическая функция системного первичного преобразователя, что также можно использовать для повышения точности измерений скорости.

Ключевые слова: измерение скорости движения, управление движением объектов.

APPLICATION OF THE SYSTEM APPROACH AT THE STRUCTURAL SYNTHESIS OF MEASUREMENT OBJECTS SPEEDS

M.S. Akulov, V.D. Bondarenko, V.I. Leuhin, S.G. Yanvarev

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

In this paper, the application of the system approach in the structural synthesis of object velocity meters in two aspects is considered. The first aspect. The observed object has some inertia of motion. Therefore, it is possible to approximate the law of its motion and use of the measuring information obtained at some sections of the trajectory of motion for other, more responsible sites. The second aspect. The speed measurement is accompanied by the movement of the measuring information source in space. It is possible to use multiple identical sensors distributed along the path of motion. The set of mutual positions of the moving object and the type sensor will be repeated periodically. The aperiodic function of the law of motion of the object will correspond to the periodic function of the system primary converter, which can also be used to improve the accuracy of velocity measurements.

Keywords: measurement of the speed of movement, control of the movement of objects.

Процедура измерения скорости и положения является одной из основных в процессах управления движением объектов [1].

В литературе [1] для измерения координаты положения и скорости движения объектов предложен метод координатной функции. Это обобщённое название для группы методов, основанных на различных видах аппроксимации сигналов датчиков положения (как правило, магнитометрических). Для определения координаты положения объекта по значениям сигналов двух датчиков вычисляется специальная функция (координатная функция), которая зависит только от координаты положения объекта. По сути, такая функция является функцией вторичного измерительного преобразования.

В работе [2] предложена дифференциально-логарифмическая функция вторичного измерительного преобразования, связанная с аппроксимацией функций сигналов датчиков экспоненциальными функциями, а в [3,4] – методы настройки подобного измерительного преобразования с использованием обратной связи по

координате положения объекта. Настройка предполагается в моменты времени равенства сигналов соседних датчиков в линейке первичных преобразователей, распределенных вдоль траектории движения.

На рис. 1 приведен принципиальный вид функций сигналов двух датчиков положения движущегося объекта в одном канале измерения.

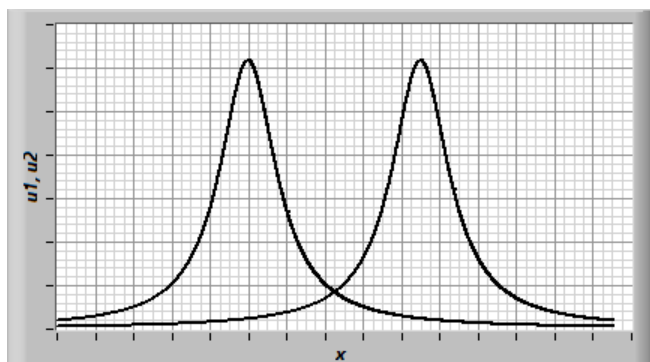


Рис. 1 – Функции сигналов датчиков положений объекта

На рис. 2 показан принципиальный вид функции вторичного измерительного преобразования, реализованного по дифференциально-логарифмическому принципу [2].

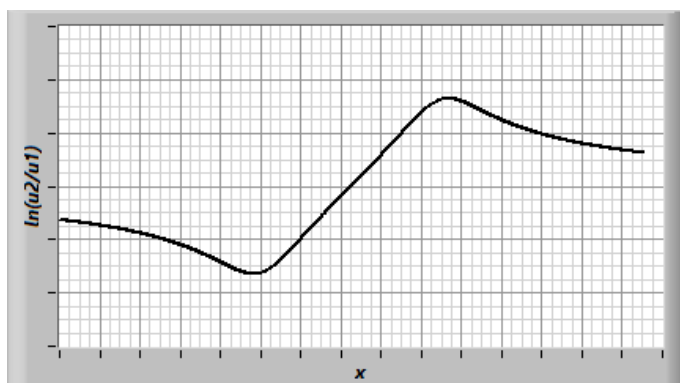


Рис. 2 – Функция вторичного измерительного преобразования

Наличие не критического участка траектории движения объекта (на нем в принципе не предполагается управляющих воздействий на объект) позволяет заместить несколько локализованных измерителей скорости, последовательно расположенных вдоль траектории, одним интегральным измерителем, распределенным вдоль траектории. При этом совокупность аналоговых сигналов отдельных локализованных измерителей замещаются одним сигналом интегрального измерителя, который может быть информативным не только как аналоговый, но и как частотный измерительный сигнал.

На рис. 3 приведен принципиальный вид рабочих участков семейства функций вторичного измерительного преобразования (точнее – отклонений этих функций от идеальной линейной зависимости). Здесь функции преобразования варьируются в зависимости от параметра, характеризующего пространственную конфигурацию источника магнитного поля, механически связанного с контролируемым движущимся объектом. Видно, что оптимальной ситуации соответствует изменение количества пиков функции преобразования: с 2-х до 4-х. Этот же эффект можно интерпретировать как скачкообразное изменение частотной составляющей функции преобразования.

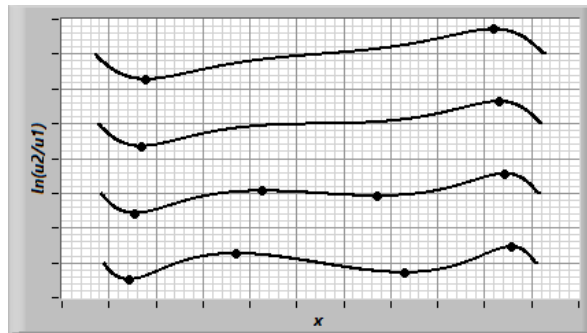


Рис. 3 – Участки семейства функций вторичного измерительного преобразования

Таким образом, возможен следующий алгоритм процедуры измерения скорости движущегося объекта:

- 1) одновременное измерение сигналов нескольких датчиков положения, сгруппированных в несколько пар, и образующих, таким образом, несколько каналов измерения; каждый канал характеризуется различными значениями смещения датчиков;
- 2) вторичное измерительное преобразование сигналов двух датчиков в каждом канале; непрерывное определение координаты положения движущегося объекта как функции времени;
- 3) настройка коэффициентов вторичного измерительного преобразования отдельно в каждом канале;
- 4) анализ пиков и/или частотный анализ функции вторичного измерительного преобразования в каждом канале;
- 5) определение по результатам этого анализа критерия, характеризующего степень линейности рабочего участка функции вторичного измерительного преобразования, которая влияет на точность измерений;
- 6) выбор по упомянутому критерию одного канала измерения;
- 7) измерительное дифференцирование координатной функции для определения скорости движущегося объекта; так как контролируемый объект обладает некоторой инерцией движения, возможна аппроксимация закона его движения, которая может быть учтена в операции измерительного дифференцирования, и методическая погрешность этой операции может быть минимизирована.

Предложенный алгоритм обуславливает повышение точности измерений за счет введения дополнительной обратной связи, в результате чего будет более гибко компенсироваться вариация параметров пространственной конфигурации контролируемого объекта, а также параметров расположения датчиков относительно траектории движения.

Список цитируемой литературы

1. Кириевский Е.В. Измерение параметров движения тел в плазменных электродинамических ускорителях (Параметрический и структурный синтез измерительных преобразователей). Ростов-на-Дону: Издательство СКНЦ ВШ, 2005. 392 с.
2. Патент RU 2172960 C2. МКИ 7 G01P 3/64. Способ измерения скорости движения объекта и устройство для его реализации. / В.Е. Кириевский, Е.В. Кириевский, В.Н. Щедрин; Оpubл. в Б.И. 2001. №24.
3. Патент RU 2199753 C.1 МКИ 7 G01P 3/64. Способ измерения скорости движения объекта. / Е.В. Кириевский, С.Г. Январёв; Оpubл. в Б.И. 2003. №6.
4. С.Г. Январёв, Н.И. Горбатенко, В.В. Гречихин / Measuring the Position of Current-carrying Conductor Based on Mathematical Model Adjusted by the Method of Full-Scale Model Experiment // International Journal of Applied Engineering Research. - 2015. - Vol. 10(24). - Pp. 44906-44914.

КЛАССИФИКАЦИЯ И НАЗНАЧЕНИЕ МЕТРИК ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ОНТОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Ю.С. Клишина, e-mail: klishina27@yandex.ru, В.А. Мохов, e-mail:

mokhov_v@mail.ru,

О.А. Наугольнов, e-mail: olegalexnaug@mail.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В данной статье на основании анализа информации из тематических литературных источников выполнено обобщение сведений об известных метриках онтологических моделей.

Результат работы представлен в виде подготовленной классификации с детализацией описания назначения, формул расчёта и особенностей применения метрик для получения значений оценок онтологических моделей в различных предметных областях.

Представленная классификация позволит специалистам в области инженерии знаний проводить сравнительный анализ указанных моделей на основе измерения их качественных и количественных характеристик с целью последующей модификации, слияния, расширения или оптимизации как существующих, так и вновь разрабатываемых онтологических моделей.

Ключевые слова: метрики, метрика глубины, метрики ширины, среднее квадратичное отклонение, медиана.

CLASSIFICATION AND ASSIGNMENT OF METRICS TO ESTIMATE THE PARAMETERS OF ONTOLOGICAL MODELS

Y.S. Klishina, V.A. Mokhov, O.A. Naugolnov

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

In this article, on the basis of the analysis of the thematic information of literary sources made the synthesis of information about known metrics of ontological models.

The result of the work presented in the form prepared by classification with detailed descriptions of the purpose, calculation formulas and application of metrics to obtain the values of the estimates of ontological models in various subject areas.

The classification allows professionals in the field of engineering knowledge to carry out the comparative analysis of these models based on measurements of their qualitative and quantitative characteristics for subsequent modifications, merger, expansion or optimization of both existing and newly developed ontological models.

Keywords: metrics, depth metrics, width metrics, mean square deviation, median.

Оценка качества создаваемых онтологических моделей является одной из актуальных проблем современного онтологического инжиниринга. Разными группами ученых разработано множество различных подходов в области оценки онтологий. На сегодняшний день известно более десятка методов, и поэтому задача выбора подходящей методики для решения конкретной задачи становится все более сложной.

В таблице 1 рассмотрены и охарактеризованы все группы метрик, используемые на данное время в отечественной литературе.

Основным преимуществом данных метрик, является возможность их автоматического вычисления на основе анализа графа онтологии. Для автоматизации процесса инструментарий COAT (Cognitive Ontology Assessment), реализованный на языке Java и поддерживающий онтологии в формате OWL. При этом для перечисленных метрик достаточно редко описываются аспекты их практического применения.

Таблица 1

Метрики когнитивной и субъективной оценки онтологических моделей

п/п №	Группа	Название метрики	Назначение	Формула
1	Метрики циклов.	Количество различных циклов в графе.	Используется для определения цикличности графа. В хорошей онтологии равно нулю.	—
		Количество вершин, входящих в какой-нибудь цикл деленное на количество вершин в графе.	Чем значение этой метрики меньше, тем лучше для онтологии.	$m = \frac{N_{v \in C}}{n_G}$, где n_G – количество вершин графа; C – множество вершин графа, входящих в хотя бы один цикл; $N_{v \in C}$ – количество вершин графа, входящих в какой-нибудь цикл.
2	Метрики разнообразия количества связей.	Количество различных типов связей в графе.	Чем больше различных типов связей используется в онтологии, тем сложнее она для восприятия.	$m = N_{t \in TE}$, где $TE = \{type(e) (e \in E)\}$ – множество всех типов связей графа, $N_{t \in TE}$ – количество различных типов связей.
		Нормированное количество различных типов связей.	Используется для расчета допустимого количества различных типов связей.	$m = \frac{N_{t \in TE}}{n_G}$, где $N_{t \in TE}$ – количество различных типов связей, n_G – количество вершин графа.
3	Метрики разнообразия количества связей концептов.	Вершины с разными типами исходящих связей по отношению ко всем вершинам графа.	—	$m = \frac{N_{v \in VD}}{n_G}$, где $VD = \{v \in G N_{type(e_v)} > 1\}$ – множество всех вершин графа, с разными типами исходящих связей, $type(e_v)$ – множество типов исходящих из вершины v связей.
		Вершины с разными типами входящих связей по отношению ко всем вершинам графа.	—	$m = \frac{N_{v \in V\tilde{D}}}{n_G}$ где $V\tilde{D} = \{v \in G N_{type(\tilde{e}_v)} > 1\}$ – множество всех вершин графа, с разными типами входящих связей, $type(\tilde{e}_v)$ – множество типов входящих в вершины v связей.

Таблица 1 (Продолжение)

Метрики когнитивной и субъективной оценки онтологических моделей

1	2	3	4	5
3	Метрики раз- нообразия ко- личества свя- зей концеп- тов.	Среднее число типов входящих связей вершины графа	–	$m = \frac{\sum_{v \in G} N_{type(\widehat{e}_v)}}{n_G}$
		Среднее число различных ти- пов исходящих связей вершины графа	–	$m = \frac{\sum_{v \in G} N_{type(e_v)}}{n_G}$
4	Метрики глу- бины онтоло- гии.	Абсолютная глубина	Сумма длин всех путей графа (т.е. путей от корневой вершины к листу)	$m = \sum_j N_{j \in P}$, где $N_{j \in P}$ - длина каждого пути j из множества путей P графа g
		Средняя глу- бина	Абсолютная глу- бина деленная на количество путей в графе	$m = \frac{1}{n_{p \subseteq g}} \sum_j^P N_{j \in P}$, где $N_{j \in P}$ - длина каждого пути j из множества путей P графа g , $n_{p \subseteq g}$ - количество всех пу- тей.
		Максимальная глубина	Максимальная длина пути	$m = N_{j \in P}$ $\forall i (N_{j \in P} \geq N_{i \in P})$, где $N_{j \in P}$ и $N_{i \in P}$ - длины пути j и i из мно- жества путей P графа g .
		Минимальная глубина	Минимальная длина пути	$m = N_{j \in P}$ $\forall i (N_{j \in P} \leq N_{i \in P})$, где $N_{j \in P}$ и $N_{i \in P}$ - длины пути j и i из мно- жества путей P графа g .
		Медиана глу- бины.	Значение, при ко- тором 50% «ниж- них» единиц ряда данных будет иметь значение длины пути не больше медианы, и 50% «верхних» - не меньше меди- аны	$m = \widetilde{N_{j \in P}}$, где $\widetilde{N_{j \in P}}$ - меди- ана глубины графа.
		Линия 90% глу- бины.	Значение, ниже которого нахо- дится 90% значе- ний глубины.	$m = P_{90}(N_{j \in P})$, где $P_{90}(N_{j \in P})$ – 90-ый процен- тиль глубины графа.

Таблица 1 (Продолжение)

Метрики когнитивной и субъективной оценки онтологических моделей

1	2	3	4	5
4	Метрики глубины онтологии.	Среднее квадратичное отклонение глубины	Дополнительная метрика оценки глубины онтологии	$m = \frac{\sum_j^P (N_{j \in P} - \frac{\sum_j^P N_{j \in P}}{n_{p \subseteq g}})^2}{n_{p \subseteq g} - 1}$
		Среднее квадратичное отклонение глубины по отношению к средней глубине	—	$m = \frac{\sum_j^P (N_{j \in P} - \frac{\sum_j^P N_{j \in P}}{n_{p \subseteq g}})^2}{\frac{\sum_j^P N_{j \in P}}{n_{p \subseteq g}} - 1}$
5	Метрики ширины онтологии.	Абсолютная ширина	Сумма количества вершин для каждого уровня иерархии по всем уровням	$m = \sum_j^L N_{j \in L}$, где $N_{j \in L}$ – количество вершин на уровне j из множества уровней L графа g
		Средняя ширина	Абсолютная ширина деленная на количество уровней иерархии	$m = \frac{1}{n_{L \subseteq g}} \sum_j^L N_{j \in L}$, где $N_{j \in L}$ – количество вершин на уровне j из множества уровней L графа g , $n_{p \subseteq g}$ – количество всех уровней графа
		Максимальная ширина	Количество вершин на уровне, с наибольшим количеством вершин	$m = N_{j \in L}$ $\forall i (N_{j \in L} \geq N_{i \in L})$, где $N_{j \in P}$ и $N_{i \in P}$ – количество вершин уровней j и i из множества уровней L графа g
		Минимальная ширина	Количество вершин на уровне, с наименьшим количеством вершин	$m = N_{j \in L}$ $\forall i (N_{j \in L} \leq N_{i \in L})$, где $N_{j \in P}$ и $N_{i \in P}$ – количество вершин уровней j и i из множества уровней L графа g .
		Среднее отношение ширины соседних уровней	Дополнительная метрика оценки ширины онтологии	$m = \frac{1}{n_{L \subseteq g} - 1} \sum_{i=2}^{n_{L \subseteq g}} \frac{N_{l_i \in L}}{N_{l_{i-1} \in L}}$
		Максимальное отношение ширины соседних уровней	—	$m = \frac{N_{l_i \in L}}{N_{l_{i-1} \in L}}$ $\forall k (\frac{N_{l_i \in L}}{N_{l_{i-1} \in L}} \geq \frac{N_{l_k \in L}}{N_{l_{k-1} \in L}})$

Таблица 1 (Продолжение)

Метрики когнитивной и субъективной оценки онтологических моделей

1	2	3	4	5
5	Метрики ширины онтологии.	Медиана отношения ширины соседних уровней	–	$m = \frac{\widetilde{N_{l_i \in L}}}{N_{l_{i-1} \in L}}$
		Линия 90% ширины	Пороговое значение, ниже которого находится 90% значений ширины	$m = P_{90}(\frac{N_{l_i \in L}}{N_{l_{i-1} \in L}})$, где $P_{90}(\frac{N_{l_i \in L}}{N_{l_{i-1} \in L}})$ – 90-ый процентиль ширины графа
		Среднее квадратичное отклонение ширины	Дополнительная метрика оценки глубины онтологии	$m = \frac{\sum_{i=2}^{n_{L \subseteq g}} (\frac{N_{l_i \in L}}{N_{l_{i-1} \in L}} - \frac{1}{n_{L \subseteq g}} \sum_{i=2}^{n_{L \subseteq g}} \frac{N_{l_i \in L}}{N_{l_{i-1} \in L}})^2}{n_{L \subseteq g} - 1}$
		Среднее квадратичное отклонение ширины по отношению к средней ширине	–	$m = \frac{\sum_{i=2}^{n_{L \subseteq g}} (\frac{N_{l_i \in L}}{N_{l_{i-1} \in L}} - \frac{1}{n_{L \subseteq g}} \sum_{i=2}^{n_{L \subseteq g}} \frac{N_{l_i \in L}}{N_{l_{i-1} \in L}})^2}{n_{L \subseteq g} - 1}$ $= \frac{1}{n_{L \subseteq g} - 1} \sum_{i=2}^{n_{L \subseteq g}} \frac{N_{l_i \in L}}{N_{l_{i-1} \in L}}$
6	Метрики запутанности	Вершины с несколькими родителями	Количество вершин, имеющих более одного родителя	–
		Среднее количество родительских вершин у вершины графа	–	$m = \frac{1}{n_G} \sum_v^G N_{S_{v \in G}}$, где $S_v = \{a \in G isa(v, a)\}$ - множество всех родителей вершины v ; $N_{S_{v \in G}}$ - количество всех родителей у вершин v .
		Количество вершин с множественным наследованием по отношению ко множеству всех вершин графа	Чем чаще множественное наследие используется в онтологии, тем хуже она с точки зрения эргономики	$m = \frac{N_{v \in MI}}{n_G}$, где $MI = \{v \in G \exists a_1, a_2 (isa(v, a_1) \wedge isa(v, a_2))\}$ - множество всех вершин графа с более чем одной входящей дугой отношения isa ; $N_{v \in MI}$ - количество всех элементов этого множества

Таблица 1 (Продолжение)

Метрики когнитивной и субъективной оценки онтологических моделей

1	2	3	4	5
7	Метрики ветвистости	Количество вершин, у которых есть и листья, и нелистовые ноды в качестве детей, по отношению ко всем кол-ву вершин у которых есть листья среди детей	Количество связей не должно превышать 7 ± 2	$m = \frac{N_{v \in S_{LEA \& SIB}}}{N_{v \in S_{LEA}}}$, где $S_{LEA \& SIB}$ - множество вершин, имеющих среди потомков как листья, так и внутренние вершины; $N_{v \in S_{LEA \& SIB}}$ - количество таких вершин; S_{LEA} - множество вершин, имеющих среди потомков листовые ноды; $N_{v \in S_{LEA}}$ - количество таких вершин
		Минимальное количество детей-листьев у предпоследних вершин в графе	Используется для нахождения минимально допустимого значения детей-листьев у предпоследних вершин в графе	$m = N_{j \in SIB}^{j \in LEA}, \forall i (N_{j \in SIB}^{j \in LEA} \leq N_{i \in SIB}^{i \in LEA})$, где $N_{j \in SIB}^{j \in LEA}$ - количество листьев набора j , имеющих общего родителя
		Среднее квадратичное отклонение детей-листьев у предпоследних вершин в графе	—	$m = \frac{\sum_{j \in SIB_{LEA}} \left(N_{j \in SIB}^{j \in LEA} - \frac{\sum_{j \in SIB_{LEA}} N_{j \in SIB}^{j \in LEA}}{n_{SIB_{LEA}}} \right)^2}{n_{SIB_{LEA}} - 1}$
8	Метрики Ингве-Миллера	Отношение количества вершин с нормальной степенью ко всем вершинам		$m = \frac{N_{v \in GD}}{n_G}$, где n_G - количество вершин графа; $GD = \{v \deg(v) \leq 9\}$ - множество вершин с нормальной степенью; $N_{v \in GD}$ - количество вершин с нормальной степенью
		Средняя степень вершины графа		$m = \frac{\sum_{v \in G} \deg(v)}{n_G}$, где $\sum_{v \in G} \deg(v)$ - сумма степеней вершин графа; n_G - количество ребер графа
		Медиана степени вершины графа		$m = \widehat{\deg(v)}$, где $\widehat{\deg(v)}$ - медиана степени вершины графа (т.е. значение степени, при котором 50% «нижних» единиц ряда данных будет иметь степень не больше медианы, и 50% «верхних» - не меньше медианы)

Таблица 1 (Продолжение)

Метрики когнитивной и субъективной оценки онтологических моделей

1	2	3	4	5
8	Метрики Ингве-Миллера	Среднее квадратичное отклонение степени вершины графа		$m = \frac{\sum_{v \in G} \left(\deg(v) - \frac{\sum_{v \in G} \deg(v)}{n_G} \right)^2}{n_G - 1}$

Приведенная в таблице 1 классификация метрик позволит оптимально осуществлять сравнительный анализ указанных онтологий на основе оценки их качественных и количественных характеристик.

Список цитируемой литературы

1. Овдей О.М., Проскудина Г.Ю. Обзор инструментов инженерии онтологий, 2004.
2. Андрич О.Ф., Макушкина Л.А. Исследование методов оценки качества готовых онтологических моделей // Современные научные исследования и инновации, 2014.
3. Hartmann J. Methods for ontology evaluation // Knowledge Web Deliverable, 2005. – С. 11 - 29.
4. Мохов В.А., Сильнягин Н.Н. Анализ перспектив программной оценки когнитивных свойств онтологий // Моделирование. Теория, методы и средства : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 31 марта 2011 г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ) - Новочеркасск : ЮРГТУ, 2011. - С. 158-163.
5. Мохов В.А., Сильнягин Н.Н. Интегрированный алгоритм когнитивной оценки и выбора оптимального варианта онтологической модели, 2011.
6. COAT Google Code web page: <http://code.google.com/p/ontoeval/downloads/list>
7. Андрич О.Ф., Макушкина Л.А. Исследование методов оценки качества готовых онтологических моделей // Современные научные исследования и инновации, 2014.
8. Hartmann J. Methods for ontology evaluation // Knowledge Web Deliverable, 2005. – С. 11 - 29.
9. Гаврилова Т.А., Лещева И.А. Понятийные структуры знаний и когнитивный стиль. // Журнал высшей школы экономики, 2016 – С.154-176.

© Ю.С. Клишина, В.А. Мохов, О.А. Наугольников, 2018

УДК 001

ПРОГРАММНЫЙ АЛГОРИТМ КОПИРОВАНИЯ HTML-СТРАНИЦ
В ФАЙЛ

С.М. Николаева, e-mail:sve.kai@ya.ru

Чистопольский филиал «Восток» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Чистополь

В статье приводятся примеры программных алгоритмов объединения HTML-страниц в один файл. Поскольку для написания программ по этим алгоритмам требуются углублённые знания в программировании, их практическое применение не рассматривается.

Ключевые слова: программирование, алгоритм, автоматизация

THE SOFTWARE ALGORITHM OF COPYING HTML PAGES TO A FILE
S.M. Nikolaeva

Chistopol branch «Vostok» of «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI», Chistopol

The article considers examples of the software algorithms combining content that is available via multiple links in a single file. Since writing programs on these algorithms requires in-depth knowledge in programming, its practical application is not considered.

Keywords: programming, algorithm, automation

Часто на производстве занимают много времени и отвлекают от главной задачи монотонные действия, которые можно автоматизировать. В рассматриваемом случае под этими действиями понимается сохранение нескольких HTML-страниц в один файл. Эти страницы могут быть ссылками с необходимой информацией, передаваемой оператору [1]. Кроме того, эти действия могут понадобиться, например, при прослушивании информационных рассылок, приходящих на электронную почту, с помощью программ озвучивания текста («Говорилка», «Балаболка», «Демагог» и т. д.). Это позволит воспринимать информацию на слух для сохранения зрения или при параллельном выполнении несложной работы [2]. Также сохранение нескольких статей в один файл упрощает их чтение с электронной книги.

Автоматизировать сохранение нескольких HTML-страниц, открытых в виде вкладок браузера, можно с помощью программных алгоритмов, два из которых рассматриваются в статье. Для примера в качестве текстового редактора, в который сохраняется содержимое страниц, используется блокнот.

1. Сохранение HTML-страниц сразу в один файл
Схема алгоритма приведена на рисунке 1.

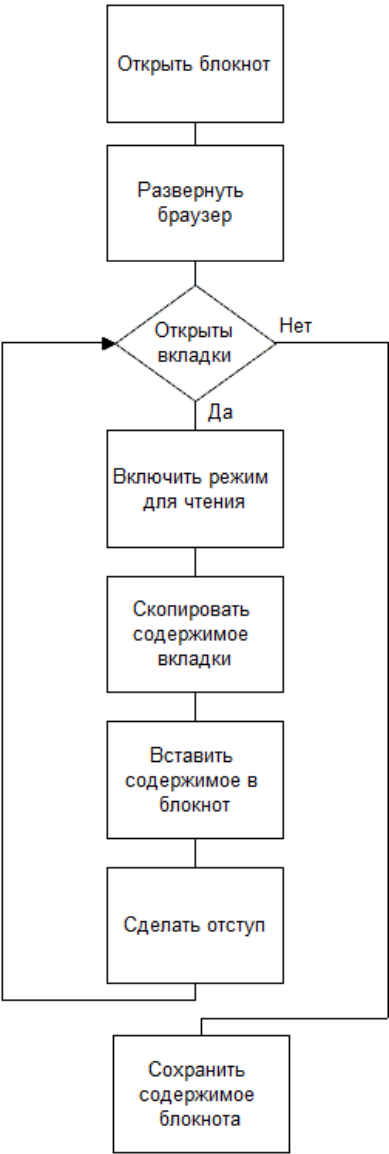


Рис. 1 - Алгоритм сохранения HTML-страниц сразу в один файл

В этом алгоритме статьи последовательно копируются в один .txt-файл.

Изначально планировалось программное управление «горячими» клавишами. То есть для активирования окна использовалось бы сочетание «Ctrl + Tab», для копирования - «Ctrl + C», для вставки - «Ctrl + V» и т. д. Но, возможно, есть и более простые варианты реализации.

2. Сохранение HTML-страниц в несколько файлов с последующим их объединением

Схема такого алгоритма приведена на рисунке 2.

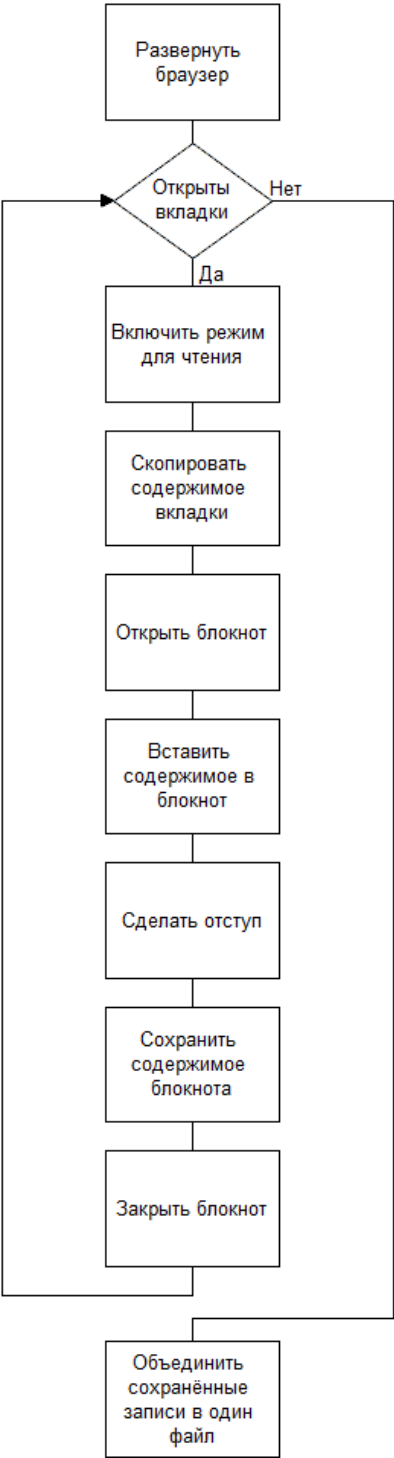


Рис. 2 - Алгоритм сохранения HTML-страниц в несколько файлов с последующим их объединением

В отличие от первого алгоритма, здесь HTML-страницы сохраняются в отдельные .txt файлы, а затем объединяются. Причём объединение представляет собой ещё один, более сложный алгоритм.

Без необходимых навыков в программировании проверить приведённые алгоритмы на практике сложно, поэтому их сравнение и эффективность в статье не рассматриваются. Однако их реализация приветствуется. Если кого-то интересует эта тема, можно отозваться на адрес *sve.ru@ya.ru*.

Возможна дальнейшая модификация алгоритмов, позволяющая, например, не просто сохранять содержимое уже открытых вкладок, а автоматически открывать страницы, переходя по ссылкам, которые содержит рассылка, приходящая на электронную почту.

Список цитируемой литературы

1. Е.А.Власов, А.Ю.Постнов. Безопасность жизнедеятельности: Методические указания к самостоятельной работе для студентов всех специальностей и всех форм обучения // СПбГИЭУ.-СПб. 2002.-10с.
2. «Голос книги» - <http://golosknigi.com/index.html> – Версия от 15.01.2018.

УДК 004.658

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ НЕЭФФЕКТИВНЫХ SQL-ЗАПРОСОВ

С.М.М. Алгазали¹ e-mail: alghazali.salah@yandex.ru,

А.В. Кузнецова², e-mail: alvitkuz@yandex.ru,

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Южный Федеральный университет, г. Ростов на Дону

В данной статье рассматривается способ ускорения процесса поиска неэффективных SQL-запросов в крупных программных системах. Статистическая информация, основанная на измерении характеристик реально исполняющихся запросов, существенно многомерна, что затрудняет процесс поиска. Решение основывается на комплексе методов снижения размерности и последующем разбиении SQL-запросов на группы схожих объектов по совокупности признаков, значимых для поставленной цели.

Ключевые слова: SQL-запрос, СУБД, Oracle, неэффективный SQL-запрос, снижение размерности, кластеризация.

CLUSTERING INEFFICIENT SQL-REQUESTS

С.М.М. Aghazali¹, A.V. Kuznetsova²

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

This article describes how to speed up the process of searching for inefficient SQL queries in large software systems. Statistical information, based on measuring the characteristics of real-running queries, is essentially multidimensional, which complicates the search process. The solution is based on a set of methods for reducing the dimension and then splitting SQL queries into groups of similar objects based on a set of characteristics significant for the goal.

Keywords: SQL-query, DBMS, Oracle, inefficient SQL-query, decrease in the dimension of the features, clustering.

В процессе длительной работы информационных систем промышленного масштаба с огромными БД, со сложными запросами, большим объемом обработки данных, имеют место проблемы падения производительности зачастую без видимых причин. Указанные проблемы носят системный характер и связаны с ростом

объёмов данных, масштабированием систем, изменением или расширением функционала, отставанием возможностей аппаратных средств и многим другим причинам. Администраторы баз данных, обслуживающих подобные программные системы, постоянно ведут работу по обнаружению и возможному устранению причин, связанных с настройками СУБД и поиском ресурсоёмких SQL-запросов. Анализу планов исполнения таких запросов и принятию мер по повышению их эффективности предшествует длительный этап поиска потенциально-неэффективных экземпляров. Причём в число потенциально-неэффективных попадают и запросы, написанные разработчиками, и запросы, автоматически генерируемые самой программной системой. Чем крупнее программная система, тем больше кандидатов для изучения [1].

Ускорение процесса поиска неэффективных запросов по мнению специалистов предметной области (администраторов БД) возможно за счёт формирования набора наиболее информативных признаков $Z = \{z^{(1)}, \dots, z^{(p)}\}$ из числа исходных, имеющихся в распоряжении специалиста исходных описательных признака $X = \{x^{(1)}, \dots, x^{(p-1)}\}$, и последующем разбиении анализируемой совокупности на сравнительно небольшое число (заранее неизвестное) кластеров, однородных в смысле схожести профилей производительности входящих в них запросов [2]. Регрессионно-корреляционный анализ каждой группы позволит определить сводный показатель эффективности $x^{(p)}$ как функцию от $\{x^{(1)}, \dots, x^{(p-1)}\}$, и, в свою очередь, уточнить полученную структуру кластеров. Анализ наиболее типичных представителей каждой группы и сравнение их показателей эффективности позволит значительно сократить время, затрачиваемое на обработку больших объёмов статистической информации [3].

Основными источниками для формирования вектора признаков SQL-запроса являются: 1) план исполнения запроса; 2) статистическая информация о реальном исполнении запроса (далее – статистика); 3) состояние среды, в рамках которой исполняется запрос.

Ключевые параметры планов исполнения запросов – стоимость (*Cost*), мощность (*Cardinality*), процессорная стоимость (*CPU Cost*), стоимость ввода-вывода (*IO Cost*), показатель использования дисковой памяти (*Temp Space*) – далеко не всегда являются надёжными указателями при поиске медленных запросов. Неточность указанных параметров напрямую связана с отсутствием или устареванием статистической информации о распределении данных в используемых таблицах. Вычисление оценок плана исполнения – процедура, которая требуется самому оптимизатору СУБД для выбора одного из многочисленных вариантов одного и того же запроса. А сами оценки могут потребоваться администратору лишь для последующей оптимизации выбранных запросов [2, 4].

Статистическая информация о реальном исполнении запроса, напротив, избыточна и включает сотни реально измеренных величин, которые СУБД формирует в процессе исполнения каждого запроса. Объём этой информации зависит от мощности самой СУБД, функционала системных утилит, извлекающих информацию из недр системы управления базой данных, знаний администратора БД в части этих утилит и в области архитектуры СУБД для получения расширенной информации. Для СУБД *ORACLE*, например, этот объём можно оценить двояко. В первом случае это количество полей фиксированных базовых таблиц и специальных системных таблиц – динамических представлений производительности

(англ., «dynamic performance views»). Во втором случае – это число полей специализированного хранилища AWR (англ., Advanced Workload Repository). В этом хранилище аккумулируются предварительно отобранные и обработанные данные о работе СУБД из указанных выше таблиц. Приблизительное число записей в таких таблицах за один час составляет несколько сотен записей, за неделю – несколько тысяч, за месяц – несколько десятков тысяч.

Под состоянием среды исполнения SQL-запроса понимается информация о разделяемых областях памяти, статистики распределения данных, число доступных процессоров, состояние каналов ввода-вывода и т.д. Информация этого рода подлежит лишь частичному измерению и не всегда имеет привязку к конкретному SQL-запросу в рамках сессии.

На этапе экспертного отбора данных для множества Z из трёх вышеописанных источников было принято решение в пользу данных, хранящихся в таблице DBA_HIST_SQLSTAT из AWR-хранилища и имеющих суффикс delta. Значимые статистические параметры Z, представляющие интерес для исследования производительности, представлены в таблице 1.

Параметр под номером 3 является оценкой плана исполнения запроса, а параметры с номерами 29-31 имеют опосредованное отношение параметрам среды.

Таблица 1.

Набор значимых параметров SQL-запросов

№	Наименование параметра	Назначение параметра
1.	ecutions_delta	количество исполнений запроса
2.	sharable_mem	размер разделяемой памяти, занятой дочерним курсором (в байтах)
3.	optimizer_cost	суммарная оценка производительности плана исполнения, выданная оптимизатором
4.	loaded_versions	индикатор загрузки контекста (1 – загружен, 0 – нет)
5.	version_count	количество дочерних процессов, связанных с курсором
6.	io_interconnect_bytes_delta	количество байт, пересланных между СУБД и системой хранения данных Exadata
7.	io_offload_elig_bytes_delta	количество байт, отфильтрованных для обработки на уровне хранилища данных Exadata
8.	io_offload_return_bytes_delta	количество байт, возвращенных с уровня хранилища данных Exadata
9.	cell_uncompressed_bytes_delta	количество байт, полученных при декомпрессии данных на узлах хранилища данных Exadata
10.	physical_read_bytes_delta	количество байт, физически прочитанных с диска
11.	physical_write_bytes_delta	количество байт, записанных на диск
12.	parse_calls_delta	количество вызовов процедуры разбора запроса
13.	px_servers_execs_delta	количество запусков вспомогательных процессов-серверов для параллельного исполнения запроса
14.	end_of_fetch_count_delta	количество раз, когда запрос вернул полный набор данных в случае успешного завершения
15.	fetches_delta	количество вызовов процедуры получения строк из курсора
16.	buffer_gets_delta	количество вызовов запроса из буферного кеша
17.	invalidations_delta	количество раз, когда дочерний курсор становился непригодным для использования
18.	loads_delta	количество раз, когда запрос был загружен или перезагружен в память
19.	disk_reads_delta	количество операций физического чтения с диска

20.	optimized_physical_reads_delta	количество оптимизированных чтений из хранилища данных Exadata
21.	physical_read_requests_delta	количество запросов на чтение с диска
22.	rows_processed_delta	количество обработанных и возвращенных строк
23.	sorts_delta	количество операций сортировки
24.	physical_write_requests_delta	количество запросов на запись информации на диск
25.	direct_writes_delta	количество операций прямой записи на диск
26.	cpu_time_delta	процессорное время для парсинга, исполнения и фетчинга для данного курсора (мкс)
27.	elapsed_time_delta	общее время длительности запроса (мкс)
28.	iowait_delta	время, проведённое в ожидании пользовательского ввода-вывода (мкс)
29.	apwait_delta	время, проведённое в ожидании приложения (мкс)
30.	ccwait_delta	время, проведённое в ожидании разделяемых данных и ресурсов (мкс)
31.	clwait_delta	время, проведённое в ожидании завершения событий, связанных с параллелизмом

Суффикс *delta* идентифицирует данные в виде изменения за интервал. В целях анализа данные группируются и агрегируются таким образом, что для каждого запроса и соответствующего ему плана исполнения в результирующем наборе данных есть единственная строка с суммарным значением параметров производительности за все интервалы. Для устранения явной корреляции между количеством исполнений того или иного запроса и остальных параметров производительности суммарные значения делятся на количество исполнений (*executions_delta*). В отличие данных с суффиксом *total*, *delta*-данные не сбрасываются при перезапуске экземпляра БД или при устаревании курсора. Все значения параметров количественные, имеющие целочисленный или вещественный тип. В представленном наборе параметры с номерами 6-9, 20 позволяют оценить нагрузку на систему хранения Exadata при использовании технологии интеллектуального сканирования SmartScan и Smart Flash Cache, что является особенностью СУБД Oracle.

Общей характерной чертой подавляющего большинства распределений z_i является наличие т.н. «хвостов». Однако, вне интервала $\pm\sigma$. находится не более 5% экземпляров признаков. При их отбрасывании распределения имеют тенденцию к логнормальному распределению. Визуализация предварительно прологарифмированных значений ряда признаков показала наличие «горбов», свидетельствующих о наличии групп в многомерном наборе данных. На рисунке 1 представлены примеры гистограмм для параметров *disk_reads_delta* и *loaded_versions*.

Поскольку размерность вектора признаков Z для проведения процедур кластер-анализа оказалась всё ещё достаточно большой, для её уменьшения были определены корреляционные зависимости признаков на основе обработки недельных данных. Предварительно данные были нормированы вычитанием среднего и делением на среднеквадратическое отклонение. Была вычислена корреляционная матрица Z -параметров (рис. 2).

Красным цветом в матрице обозначены значения коэффициентов взаимной корреляции, близкие к +1; белым – значения, близкие к нулю; синим и оттенками синего – отрицательные значения, не превышающие величины -0,06.

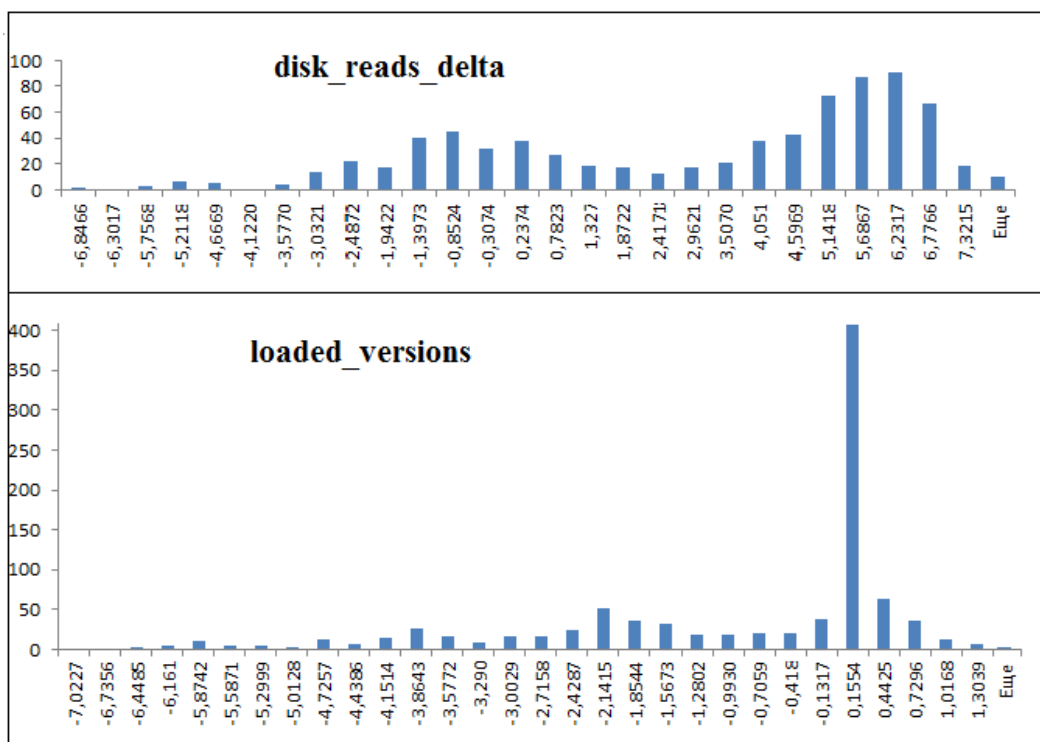


Рис. 1. – Гистограммы признаков disk_reads_delta и loaded_versions

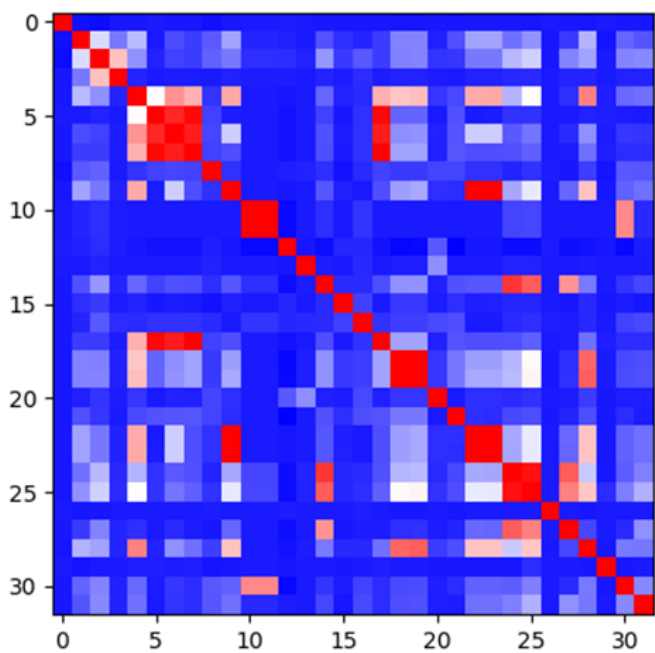


Рис. 2 – Корреляционная матрица признаков SQL-запроса

Видно, что большинство параметров производительности почти не коррелированы или коррелированы слабо, хотя имеет место небольшое число компонентов с сильной положительной корреляцией. Например, сильно коррелированы между собой параметры, относящиеся к чтению данных:

- io_offload_elig_bytes_delta;
- io_offload_return_bytes_delta;
- physical_read_bytes_delta;
- disk_reads_delta.

Параметр `parse_calls_delta` сильно коррелирован с `px_servers_execs_delta` в связи с тем, что при параллельном исполнении запроса для каждого параллельного потока вызывается процедура разбора запроса. Достаточно сильно коррелированы параметры чтения с диска и из специализированного хранилища:

- `optimized_physical_reads_delta`;
- `physical_read_requests_delta`;

параметры, имеющие отношение к процессам записи данных:

- `physical_write_bytes_delta`;
- `physical_write_requests_delta`;
- `direct_writes_delta`;

параметры общего времени исполнения и процессорного времени:

- `elapsed_time_delta`;
- `cpu_time_delta`.

Таким образом, число значимых параметров, со статистической точки зрения, может быть сокращено с 31 до 24.

Для радикального снижения размерности пространства признаков были определены главные компоненты на базе отобранного экспертом множества Z , включающего 31 признак. С этой целью предварительно были вычислены собственные числа и векторы для корреляционной матрицы. На рисунке 3 представлена гистограмма процента объяснённой дисперсии для каждого компонента, равного отношению каждого собственного числа к сумме всех собственных чисел. Следуя критерию «процента объяснённой дисперсии» кумулятивный процент общей дисперсии превышает значение 60% при использовании первых шести компонент. В соответствии с критерием «каменистой осыпи» набор может быть расширен до 7... 17 компонент.

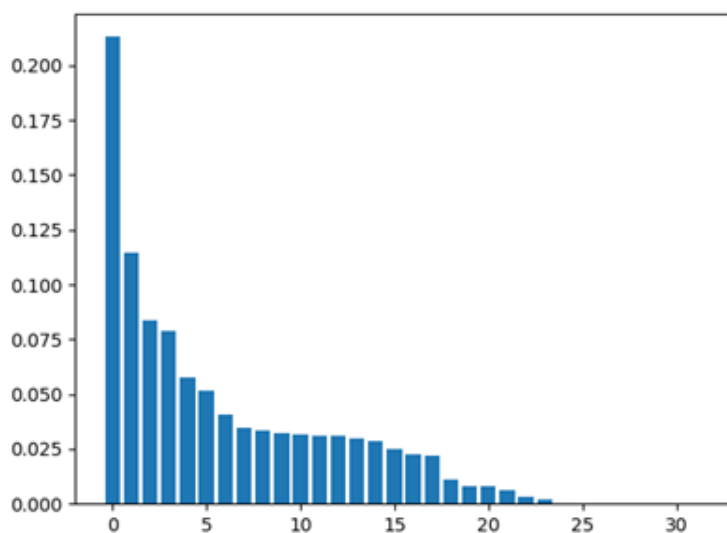


Рис. 3. – Гистограмма процента общей дисперсии

В качестве инструмента для проведённого анализа использовались функции модуля научных вычислений NumPy на языке Python [5].

Расширенные и лаконичные наборы показателей SQL-запросов, сформированные на основе экспертных оценок, методов корреляционного и статистического анализа, метода главных компонент, будут использоваться на этапе кластер-

анализа с применением статистических, структурных, логических и нейросетевых методов.

Список цитируемой литературы

1. Алгазали С.М.М. Идентификация неэффективных SQL-запросов в СУБД ORACLE // Студенческая научная весна – 2017: Матер. рег. науч.-техн. конф. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2017. - С. 357-378
2. Алгазали С.М.М., Айвазов В.Г., Кузнецова А.В. Совершенствование процесса поиска неэффективных SQL-запросов в СУБД Oracle // «Инженерный вестник Дона», №4, 2017, [Электронный ресурс]. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4511 (дата обращения: 04.02.18).
3. Айвазян С.А. и др. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности – М.: Финансы и статистика, 1989. - 607 с.
4. Михеичев В. Опыт и рекомендации по оптимизации SQL-запросов // Интернет-журнал «FORS» № 7, 07.2013, [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fors.ru/upload/magazine/07/index.html> (дата обращения: 04.02.18).
5. Пакет научных вычислений NumPy [Электронный ресурс]. URL: <http://www.numpy.org/>

УДК 519.854.2

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЦЕЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ НА РЕШЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТА

В.Н. Кубил, e-mail: vksend@gmail.com

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В данной статье рассматривается многокритериальный вариант известной комбинаторной задачи маршрутизации транспорта. Данная задача чаще всего связана с транспортировкой грузов и, как показывает практика, реальная оптимальность ее решения зависит от большого числа параметров, значимость которых сильно варьируется. Эти параметры, как правило, можно представить в качестве взаимно конфликтующих критериев. Вне зависимости от применяемого метода решения, учет каждого из критериев требует дополнительных вычислительных ресурсов, поэтому некоторые наименее значимые факторы приходится исключать из рассмотрения. Однако определить заранее степень влияния факторов на решение и, следовательно, их значимость затруднительно. В связи с этим был проведен анализ влияния критериев на решение многокритериальной задачи маршрутизации транспорта.

Ключевые слова: задача маршрутизации транспорта, многокритериальная оптимизация, комбинаторика, теория графов.

ANALYSIS OF OBJECTIVE FUNCTIONS INFLUENCE ON THE VEHICLE ROUTING PROBLEM SOLUTION

V.N. Kubil

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

This article discusses a multi-criteria version of the known combinatorial vehicle routing problem. The problem is most often associated with goods transportation and, as practice shows, the real optimality of its solution actually depends on a large number of parameters, the significance of which varies greatly. The parameters can usually be represented as mutually conflicting criteria. Regardless of the solution method used, accounting for each criterion requires additional computing resources, and therefore some insignificant factors need to be excluded from consideration. However, it is difficult to determine the extent of influence of the factors on the decision in advance, that is, their significance. For this reason, the analysis of criteria influence on the vehicle routing problem solution has been carried out.

Keywords: vehicle routing problem, multi-objective optimization, combinatorics, graph theory.

Планирование маршрутов транспортных средств является одной из ключевых функций систем транспортировки и часто сводится к решению одного из вариантов задачи маршрутизации транспорта, в которой для парка транспортных средств (ТС) требуется определить оптимальный набор маршрутов от одного или нескольких депо до множества отдаленных клиентов-потребителей. Задача наиболее часто встречается среди компаний, выполняющих развозку товара с некоторого склада до точек потребления или розничной торговли, но существуют и другие области применения, наиболее типичные среди них: сервисное обслуживание, курьеры и почтовые службы, сбор отходов, очистка улиц, маршрутизация общественного транспорта, доставка быстрого питания, и т.д. [1]. Задача маршрутизации транспорта, как и ее частный случай – задача коммивояжера – является NP-трудной, что наряду с практической значимостью вызывает высокий интерес к ее исследованию [2]: большое число реальных приложений широко показало, что использование программной оптимизации и автоматизированных процедур при решении задач маршрутизации транспорта дает существенную экономию в глобальных транспортных расходах.

В силу специфики сферы применения маршрутизации транспорта ее эффективность определяется различными факторами, и, хотя многие используемые модели и методы рассчитаны на оптимизацию по единственному критерию, в действительности задачи маршрутизации транспорта обычно многокритериальные. Определение и формализация критериев позволяет приблизить математические модели задач к реальным условиям, но в то же время большое количество критериев усложняет поиск и реализацию подходящего метода многокритериальной оптимизации и требует дополнительных вычислительных ресурсов для эффективного поиска решения. Поэтому наименее значимые факторы целесообразно исключать из рассмотрения. Определить заранее степень влияния факторов на решение и, следовательно, их значимость, затруднительно, в связи с чем в данной работе осуществляется анализ возможных целевых функций, выражающих различные критерии, и их влияния на решение многокритериальной задачи маршрутизации транспорта.

Ниже рассмотрены основные критерии, используемые при моделировании задач маршрутизации транспорта с учетом области их применения [3-6].

1. Затраты на использование необходимого парка транспорта. Минимизация количества задействованных ТС является одной из ключевых для задач VRP. Если маршрут состоит из одной единственной вершины, то значит ТС не покидает депо и считается незадействованным. За каждое задействованное ТС предусматривается штраф к стоимости, который может рассматриваться как функция от количества ТС. Величина штрафа определяется расходами на подготовку транспорта и водителя.

2. Суммарная длина всех маршрутов. Пройденное расстояние определяет расходы на топливо и техническое обслуживание транспорта. На основе расхода топлива и маркировка используемого бензина определяется стоимость топлива за единицу пройденного расстояния для каждого ТС. Стоимость технического также обслуживания оценивается в расчете на единицу расстояния исходя из характеристик конкретного ТС. Также через расстояние может быть рассчитана стоимость рисков, например, связанных с возможными ДТП или техническими неполадками, как произведение их вероятностей в расчете на единицу расстояния и средней ожидаемой стоимости последствий. Аналогично рассчитываются другие расходы, связанные с расстоянием и объединяются в одной функции от суммарной длины маршрутов.

3. Суммарное время всех маршрутов. Время, затраченное всеми водителями, позволяет учесть повременную оплату труда, как стоимость за единицу времени работы водителя, а также совместно с длиной маршрутов рассчитать более точно расходы топлива с учетом средней скорости движения. Также критерий может учитывать негативные эффекты от использования ТС, в том числе последствия для окружающей среды, что является одним из наиболее злободневных вопросов транспортной логистики. Подразумевается, что время, требуемое на передвижение между пунктами, задано изначально, как и расстояние, в виде входной матрицы.

4. Общее время исполнения. Время движения по маршрутам от выезда первого ТС до возврата последнего определяет затраты на поддержание системы транспортировки, а также позволяет учесть априорную базовую оплату труда водителей без учета степени их занятости. Задействованные ТС выезжают и двигаются одновременно, поэтому время исполнения определяется самым продолжительным маршрутом и выражается функцией скаляризации Чебышева.

5. Сбалансированность по расстоянию. Данный критерий, в отличие от предыдущих, сложно связать непосредственно с издержками, однако он может отражать качество маршрутов с точки зрения соразмерности их длин, и иногда используется для получения приблизительно равных по длине маршрутов. Определяется как разность между длиной самого длинного и самого короткого маршрутов.

6. Сбалансированность по времени. Аналогично сбалансированности по расстоянию отражает соразмерность продолжительностей маршрутов. Используется для получения приблизительно равных по времени маршрутов. Определяется как разность между временем наиболее и наименее продолжительных маршрутов.

7. Сбалансированность по числу пунктов. Совокупность пунктов-потребителей, обслуживаемых на маршруте, определяет полезную нагрузку и продуктивность ТС. Сбалансированность по числу пунктов, определяемая разностью между наибольшим и наименьшим числом пунктов в маршрутах, отражает соразмерность нагрузки на маршрутах.

Для демонстрации решений, построенных с учетом указанных критериев, рассмотрим метрический вариант задачи маршрутизации транспорта с множеством депо. Дан случайно сгенерированный связный граф в квадрате 100×100 условных единиц расстояния, состоящий из 55 вершин, из которых 5 стартовых представляют депо, а остальные 50 вершин – пункты для посещения. Предполагается, что в каждом депо расположено одно доступное ТС. На рис. 1.а показано расположение всех вершин: кружки с номерами соответствуют депо, а точки соответствуют пунктам. Следует обратить внимание на то, что четыре стартовые вершины оказались сосредоточенными в верхней части и потому окружены в общей сложности приблизительно тем же числом вершин, что и пятая.

В ходе вычислительного эксперимента были получены результаты для различных целевых функций, связанных с описанными выше критериями. Количество строимых маршрутов и стартовые вершины определялись автоматически так, чтобы значение рассматриваемой целевой функции было наилучшим в каждом конкретном случае. Поскольку нет принципиальных различий в оценке суммарного времени и суммарного расстояния, а их различия для каждого ребра графа несут случайный характер, во избежание путаницы время было принято пропорциональным расстоянию и потому отдельно не рассматривается. Все результаты для примеров представлены в таблице 1 в порядке рассмотрения.

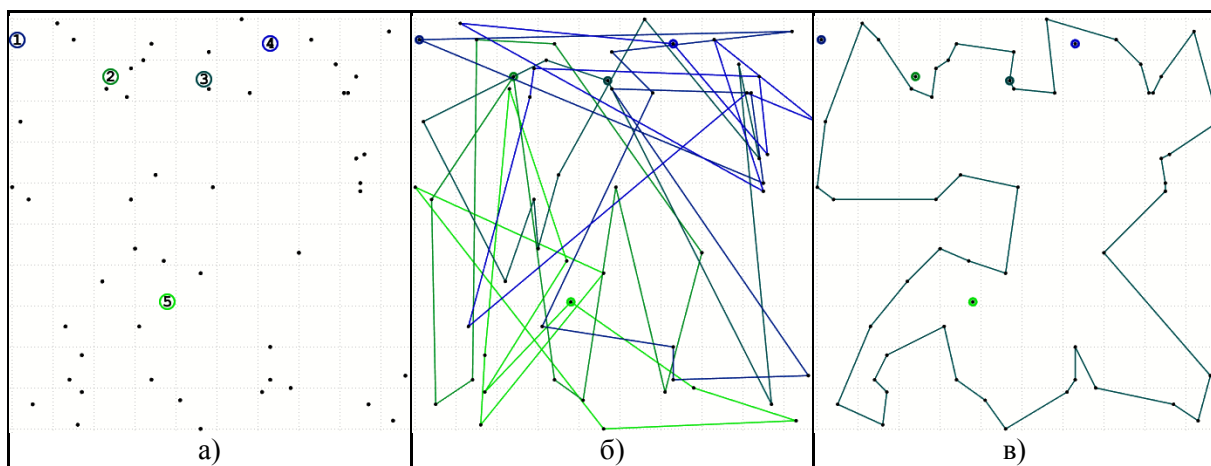


Рис. 1 – Постановка задачи и особые случаи: а – случайное распределение вершин графа; б – безотносительно сбалансированные маршруты; в – единственный маршрут

В первую очередь экспериментально было подтверждено, что критерии сбалансированности в контексте маршрутизации транспорта не могут быть самостоятельными, так как направлены исключительно на уравнивание маршрутов по разным параметрам. На рис. 1.б маршруты сбалансированы как по числу вершин (по 10 вершин в каждом маршруте), так и по длине (разница в длине равна 89,99 единицам), в остальных смыслах маршруты мало отличаются от случайных перестановок.

Отдельного внимания заслуживает случай единственным маршрутом (рис. 1.в), фактически являющегося решением задачи коммивояжера с тем отличием, что при множественности депо или неоднородном парке ТС требуется определить, какое именно маршрут должен пройти через все вершины. В данном случае оптимальным оказался маршрут R_3 , проходящий через стартовую вершину №3. Хотя по суммарной длине (времени) решение получается оптимальным (особенно при единственном депо), остальная масса критериев, отражающих связь между маршрутами, получает худшие оценки, т.к. другие ТС не используется, что сказывается на общей продуктивности и балансе.

Далее следуют результаты экспериментов для двух (рис. 2), трех (рис. 3), четырех (рис. 4) и пяти (рис. 5) используемых ТС. Обозначим длину, время и количество вершин маршрута R_i как $d(R_i)$, $t(R_i)$ и $l(R_i)$ соответственно. На каждом рисунке представлено по три изображения с результатами оптимизации маршрутов по критериям в следующем порядке:

- а) суммарная длина всех маршрутов: $\sum_i^n d(R_i) \rightarrow \min$;
- б) общее время исполнения: $\max_i^n t(R_i) \rightarrow \min$;
- в) суммарная длина и время исполнения: $\lambda_1 \cdot \sum_i^n d(R_i) + \lambda_2 \cdot \max_i^n t(R_i) \rightarrow \min$.

Время исполнения в данном случае пропорционально длине наибольшего из маршрутов. При оптимизации по двум критериям использовалась взвешенная сумма двух целевых функций с единичными весовыми коэффициентами λ_1 и λ_2 .

В целом данные критерии, в отличие от критериев сбалансирования, могут рассматриваться как самостоятельные, кроме того, наблюдается связь между суммарным расстоянием и временем исполнения. Как и следовало ожидать, многокритериальная оптимизация дает компромиссное решение, что можно наблюдать как из численных данных в таблице, так и на рисунках. В то же время если на рис.2 происходит обмен частью вершин в зависимости от приоритета минимизации суммарного расстояния или общего времени исполнения, то на рис.3 маршруты R_2 и R_3 кардинально перестраиваются, и при минимизации суммарной длины

один оказывается многократно меньше другого как по числу вершин, так и по длине.

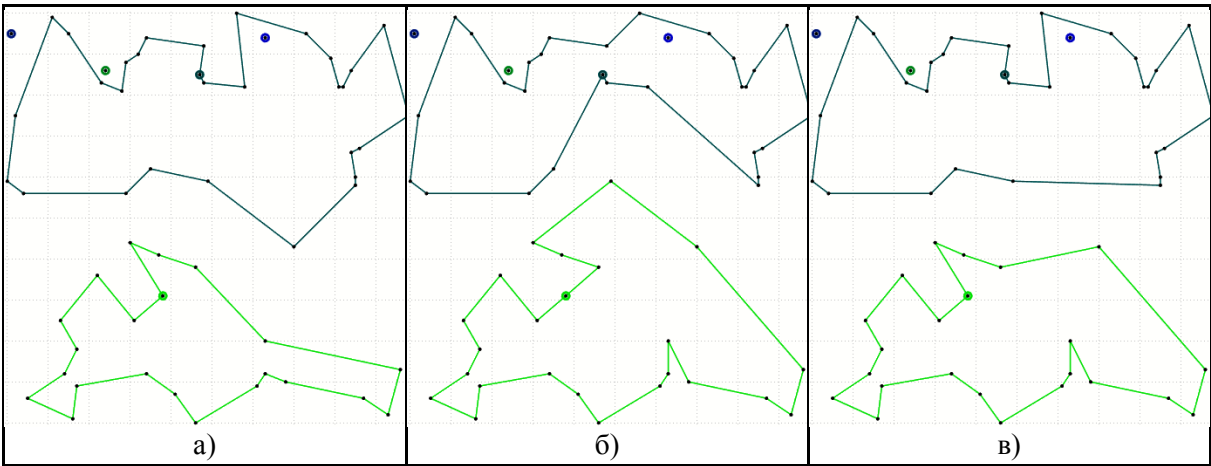


Рис. 2 – Результаты с двумя маршрутами: а – минимизация суммарной длины; б – минимизация времени исполнения; в – минимизация суммарной длины и времени исполнения

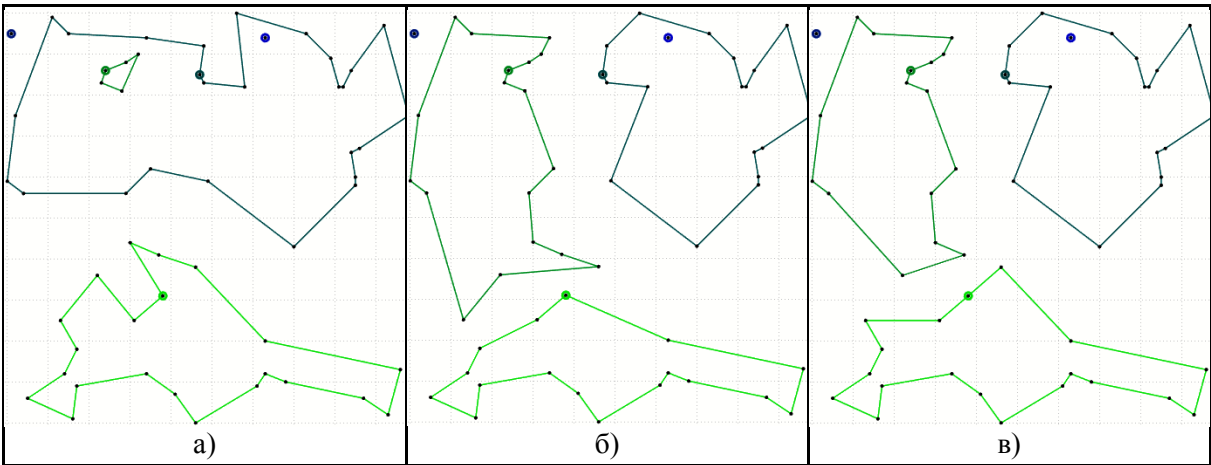


Рис. 3 – Результаты с тремя маршрутами: а – минимизация суммарной длины; б – минимизация времени исполнения; в – минимизация суммарной длины и времени исполнения

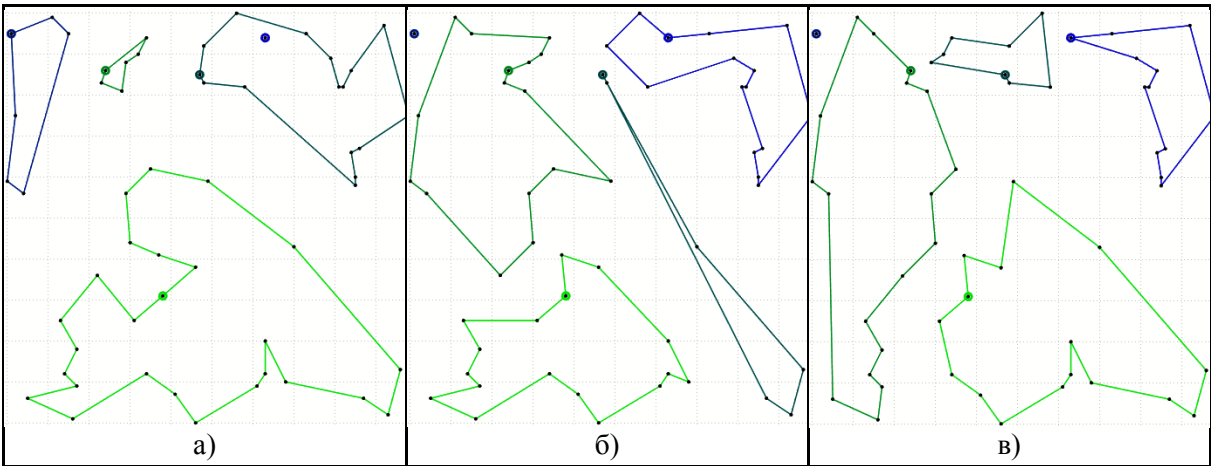


Рис. 4 – Результаты с четырьмя маршрутами: а – минимизация суммарной длины; б – минимизация времени исполнения; в – минимизация суммарной длины и времени исполнения

Оптимизировать только самый длинный (продолжительный) маршрут не целесообразно, поскольку в этом случае образуется множество Парето оптимальных решений, в которых строение других маршрутов не имеет значения, если их длина

(продолжительность) меньше, то есть допускается не оптимальность маршрутов в пределах стоимости самого дорогого из них.

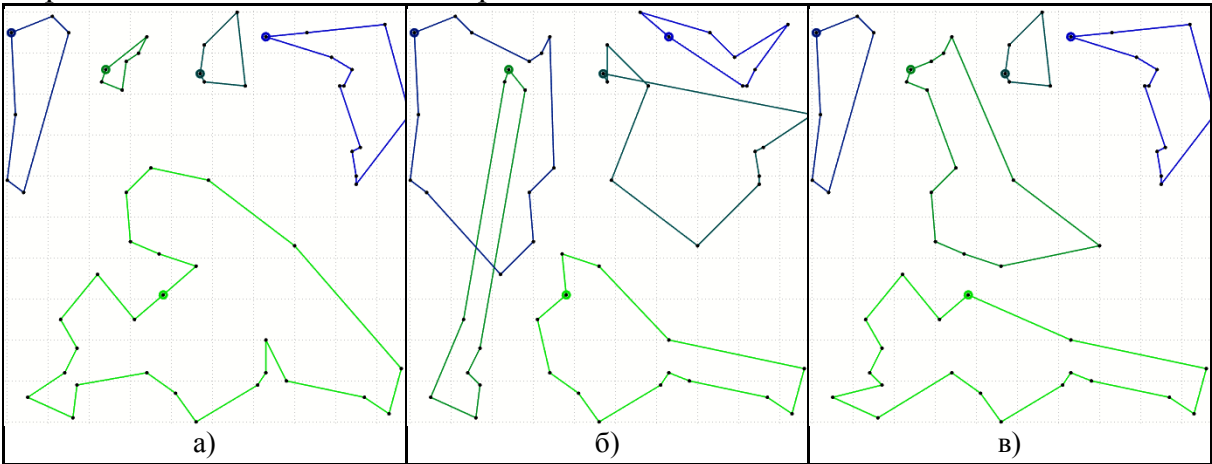


Рис. 5 – Результаты с пятью маршрутами: а – минимизация суммарной длины; б – минимизация времени исполнения; в – минимизация суммарной длины и времени исполнения

Частным примером рис.5.б является петля на маршруте R_3 при оптимальности решения в целом. Поэтому при необходимости получить наименьшее время исполнения имеет смысл к основной целевой функции прибавлять функцию суммарной длины (времени) с весовым коэффициентом, близким к нулю.

В таблице 1 приведены численные данные результаты рассмотренных экспериментов для семи различных целевых функций, первые пять из которых отражают оптимальность по отдельным критериям, а последние две являются их комбинацией в виде взвешенной суммы. Жирным шрифтом отмечены лучшие значения при различном количестве маршрутов, а рамкой выделены абсолютно лучшие значения для каждой целевой функции. Очевидно, что при многокритериальной оптимизации определяющее значение имеет отношение целевых функций, которое при сведении критериев к общим единицам измерения (например, стоимости) задается весовыми коэффициентами.

Таблица 1

Результаты экспериментов						
Кол-во ТС: N	Сумарная длина: $\sum_i^n d(R_i)$	Время исполнен: $\max_i^n t(R_i)$	Сбаланс. по длине: $\max_i^n t(R_i)$ - $\min_i^n t(R_i)$	Сбаланс. по пунктам: $\max_i^n l(R_i)$ - $\min_i^n l(R_i)$	Сум. длина и время исполнен.: $\sum_i^n d(R_i) + \max_i^n t(R_i)$	Кол-во ТС, сум. длина, время исполн. и сбаланс. по пунктам: $10 \cdot N + \sum_i^n d(R_i) + \max_i^n t(R_i) + 10 \cdot (\max_i^n n(R_i) - \min_i^n n(R_i))$
5	2397,04	518,02	89,99	0	2915,05	2965,05
1	587,86	587,86	587,86	50	1175,72	1685,72
2	615,63	322,90	322,90	28	938,53	1238,53
2	634,96	320,77	320,77	27	955,73	1245,73
2	607,72	334,50	334,50	29	942,22	1252,22
3	628,70	241,06	241,06	18	869,76	1079,76
3	647,56	222,57	222,57	17	870,13	1070,13
3	619,17	318,57	318,57	25	937,75	1217,75
4	663,82	229,16	229,16	17	892,98	1102,98
4	750,23	196,93	196,93	16	947,16	1147,16
4	627,90	326,40	326,40	25	954,29	1244,29
5	688,29	244,97	196,19	14	933,26	1123,26
5	804,26	184,09	92,69	6	988,35	1098,35
5	635,77	324,83	288,33	21	960,6	1220,6

На рис. 6 показана диаграмма рассеивания, построенная на основе многократных решений многокритериальной задачи маршрутизации транспорта на случайных графах при различных весовых коэффициентах целевых функций. Горизонтальная шкала соответствует суммарной длине всех маршрутов, а вертикальная – их сбалансированности по длине (ромбы) и количеству пунктов (треугольники). Для большей наглядности количество пунктов масштабировано.

Результаты экспериментов позволяют сделать вывод о корреляции критериев сбалансирования и времени исполнения, при этом последний достаточен и является более обоснованным с точки зрения практики, т.к. отражает реальные факторы. Из полученных результатов также хорошо видно, как различные целевые функции влияют на получаемое решение задачи маршрутизации транспорта. Так, при минимизации суммарной длины маршруты могут становиться несоразмерными, а при минимизации общего времени исполнения или сбалансировании пункты распределяются между депо так, чтобы маршруты получились приблизительно равносложными.

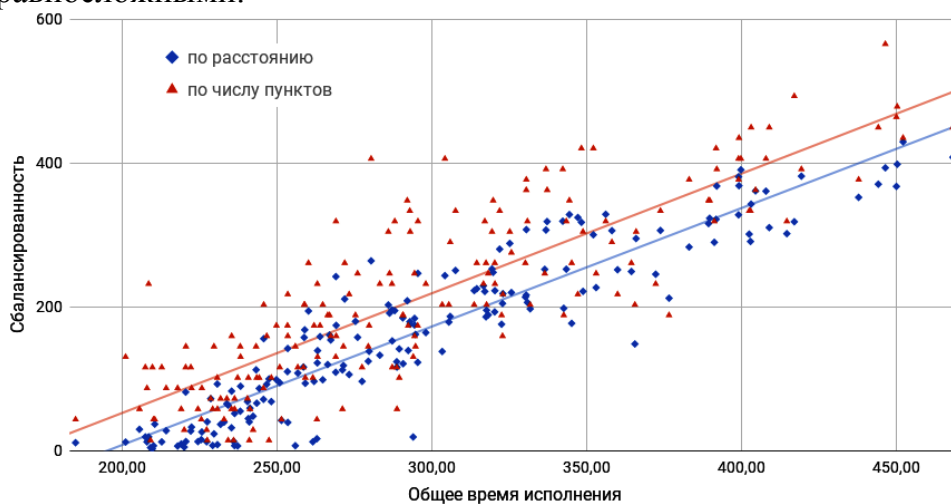


Рис. 6 – Диаграмма рассеивания значений целевых функций

Следует отметить, что предложенные критерии оказывают существенное влияние на стоимость решения, но не являются исчерпывающими для всех практических задач. В литературе встречаются различные другие критерии, многие из которых специфичны для конкретных прикладных задач либо связаны со случайными факторами.

Список цитируемой литературы

1. Golden B.L., Raghavan S., Wasil E.A. The vehicle routing problem: latest advances and new challenges // Springer Science & Business Media, 2008. – 591 p.
2. Toth P., Vigo D., eds. The vehicle routing problem // Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), Philadelphia, 2002. – 386p.
3. Li H., Lim A. A metaheuristic for the pickup and delivery problem with time windows // International Journal on Artificial Intelligence Tools, Vol. 12, No. 2, 2003. – P.173-186.
4. Lin C., Choy K. L., Ho G. T., Chung S. H., Lam H. Y. Survey of green vehicle routing problem: past and future trends // Expert Systems with Applications, Vol. 41, No. 4, 2014. – P.1118-1138.
5. Zhou W., Song T., He F., Liu X. Multiobjective vehicle routing problem with route balance based on genetic algorithm // Discrete Dynamics in Nature and Society, 2013.
6. Кубил В.Н., Мохов В.А. Применение муравьиного алгоритма в задачах многокритериальной оптимизации с изменяющимися условиями // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Кемерово, 2015. – С. 80-81.

© В.Н. Кубил, 2018

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОРИЗАЦИИ ГРАЖДАН С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕНЕРАЦИИ QR КОДОВ

Р.Г. Белоусов, e-mail:roma-belousov2@yandex.ru

Северо-Кавказский федеральный университет (СКФУ), г. Ставрополь

В данной статье рассматривается определение понятия QR кода, выбор версии QR для конкретной системы, разработка алгоритма работы системы авторизации граждан для контроля доступа на массовые мероприятия с применением генерации qr кодов из социальных сетей, приводится перечень основных функций.

Ключевые слова: QR, идентификация по QR, разработка алгоритма авторизации, генерация QR кодов.

ALGORITHM DEVELOPMENT AUTHORIZATION CITIZENS WITH THE USE OF GENERATING QR CODES

R.G. Belousov

North Caucasus Federal University (NCFU), Stavropol

This article discusses the definition of a QR code, the version of QR for a specific system, the development of algorithm of system operation authorization of citizens for access control at mass events with the use of generating qr codes from social networks, a list of the main functions.

Keywords: QR, QR identification, algorithm development authorization, the generation of QR codes.

QR – миниатюрные носители данных, которые хранят текстовую информацию объемом в половину страницы А4 формата. При помощи белых и черных квадратов эти данные кодируются.

QR коды выполнены в форме квадрата. Матрица с замысловатым рисунком является сердцем кода. А квадраты и черные линии содержат информацию, хранящуюся в модулях. Количество модулей напрямую связано с объемом данных, предназначенных для хранения[1]. Пример QR кода, который реализуется в информационной системе представлен на рисунке 1.



Рис. 1 – формат QR кода для ИС «Авторизация граждан»

Для информационной системы «Авторизация граждан» используется QR код версии 2, размер 25x25 пикселей, который включает в себя 441 модуль. QR-код имеет уникальный идентификационный номер, который требуется для правильного распознавания информации.

QR-код содержит как текстовая информация в виде знаков, букв и цифр, так и уникальный идентификационный номер, который внедряется в QR код.

Идентификация по QR повышает уровень безопасности системы[2]. При потере телефона, который является пропуском, злоумышленнику придется первоначально «взломать» его защиту, чтобы запустить приложение для доступа на мероприятие.

Типовая система контроля доступа, основанная на идентификации по QR коду, приведена на рисунке 2., строится из четырёх базовых компонент: портал администратора, виртуальные идентификаторы, мобильное приложение и считыватели.

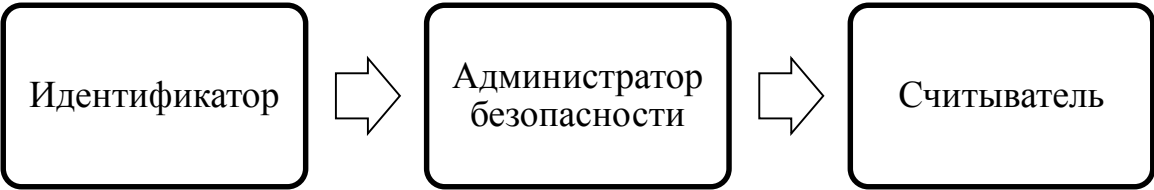


Рис. 2 – Система контроля доступа, основанная на идентификации по QR коду

Портал администратора безопасности: позволяет удалённо управлять идентификаторами: выдавать и отзывать их, контролировать статусы, учитывать количество активных и неактивных QR идентификаторов и т.п.

Идентификатор: аналог традиционной карты доступа.

Считыватель: обеспечивает доступ по QR-коду.

Структура системы определена такими требованиями, как масштабируемость и интегрируемость с другими информационными системами.

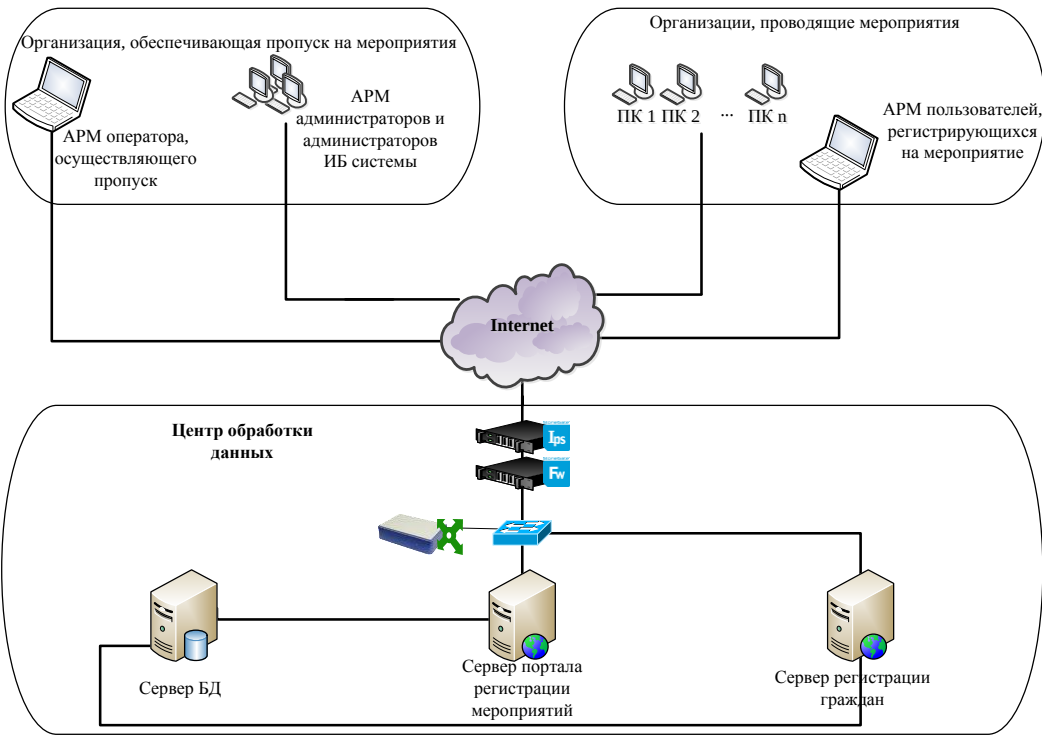


Рис. 3 – Структура информационной системы «Авторизация граждан»

К основным структурным единицам данной системы можно отнести:

- сервер базы данных;
- сервер портала регистрации мероприятий;
- сервер регистрации граждан
- клиентский терминал (рабочая станция);
- совокупность автоматизированных рабочих мест.

Информационная система «Авторизация граждан» построена по принципу клиент-серверной архитектуры и состоит из сервера БД, сервера портала регистрации мероприятия и сервера регистрации граждан обеспечивающего получение информации от системы регистрации посетителей, хранение основной базы данных и обработку информации, а также одного или нескольких автоматизированных рабочих мест поста охраны (автоматизированных проходных)[3].

Рабочие места КПП поста охраны состоят из компьютера с монитором и оснащаются, считывателями QR кода.

Алгоритм работы информационной системы «Авторизация граждан» приведен на рисунке 4.



Рис. 4 – Алгоритм ИС «Авторизация граждан»

Посетитель делает предварительную заявку на пропуск через интернет. Возможно получение пропуска с QR-кодом на электронную почту и дальнейшее предъявление его на мобильном устройстве посетителя.

С помощью портала регистрации посетитель выбирает мероприятие, на которое ему необходимо получить доступ.

Посетитель переходит по ссылке, вводит персональные данные (ФИО, телефон, адрес электронной почты, ссылку на социальную сеть). После чего генерируется QR-код. QR может быть получен на e-mail, который посетитель может распечатать или предъявить на мобильном телефоне.

На КПП посетитель подносит пропуск к камере. Камера автоматически распознает пропуск и одновременно ведет постоянную онлайн видеофиксацию действий и лица посетителя.

Верифицированный посетитель проходит на мероприятие через турникет, дверь, проходную с сенсорным ковриком.

У охранника на мониторе отображаются данные о заявке посетителя и запись с камер видеонаблюдения.

При прохождении на территорию объекта незарегистрированного лица срабатывает красный световой индикатор и звуковое оповещение. На экране охранника отображается тревожное сообщение о происшествии.

Информационная система «Авторизация граждан» обеспечивает выполнение большого функционала.

Задачей ИС «Авторизация граждан» является осуществление контроля и идентификации лиц, посещающих мероприятия.

Огромные перспективы в сфере развития в том, что эта система, не имеет аналогов на Российском рынке, не сфокусирована только для государственных услуг - она открыта для коммерческих компаний, которые могут использовать ее при организации мероприятий.

Это, огромный шаг на пути к аппаратной идентификации человека. Полагая, что по мере распространения большее количество компаний начнет использовать его для идентификации своих клиентов и повышения безопасности объектов.

Список цитируемой литературы

1. Приказ ФСТЭК России от 18 февраля 2013 г. N 21 «Об утверждении состава и содержания организационных и технических мер по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных»
2. Чипига, А.Ф. Информационная безопасность автоматизированных систем: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям в обл. информ. безопасности [Текст]/ А.Ф. Чипига. - М.: Гелиос АРМ, 2010. – 336 с.
3. Баймакова И.А., Новиков А.В., Рогачев А.И. Обеспечение защиты персональных данных. Методическое пособие / И.А. Баймакова. - М.: ИС-Пабблишинг, 2010. – 214 с.

© Р.Г. Белоусов, 2018

УДК 621.317.422

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Н.И.Симоненко, e-mail:nick.1984@mail.ru,

И.К.Цыбрий, e-mail: irconst@mail.ru

Донской государственный технический университет (ДГТУ), г.Ростов-на-Дону

В этой статье приведены результаты модернизации испытательного стенда для измерения магнитных характеристик ферромагнитных материалов, что позволило автоматизировать процесс измерения коэрцитивной силы изделий из твердых сплавов и обработки полученных результатов.

Ключевые слова: измерение магнитных характеристик, коэрцитивная сила, твердые сплавы

TEST STAND FOR MEASURING MAGNETIC CHARACTERISTICS OF HARD ALLOYS

N.I.Simonenko, I.K.Tsybry.

Don State Technical University (DSTU), Rostov-on-Don

This article presents the results of modernization of the test bench for measuring the magnetic characteristics of magnetically hard materials, which made it possible to automate the process of measuring the coercive force of products from hard alloys and processing the results obtained.

Keywords: measurement of magnetic characteristics, coercive force, solid alloys

Магнитные свойства твердых сплавов определяются в первую очередь фазовым составом, т.е. соотношением количества ферромагнитной кобальтовой фазы и парамагнитных карбидов, а также размером зерен карбидной фазы. Менее выраженное влияние на магнитные свойства оказывает остаточная пористость и графитные включения [1, 2, 3].

Все основные характеристики процесса перемагничивания, магнитная проницаемость, максимальная и остаточная индукция, в той или иной степени зависят от изменения структуры. Однако, наиболее чувствительной считается коэрцитивная сила, определяющая потери на перемагничивание. Установлено, что коэрцитивная сила в первом приближении прямо пропорционально зависит от содержания кобальта в сплаве и обратно-пропорционально от среднего размера карбидных зерен.

Несмотря на достаточно большой разброс параметров (коэффициент корреляции между значением коэрцитивной силы и размеров зерна карбидов составляет 0,8 с 5%-ной вероятностью ошибки) измерение коэрцитивной силы является в настоящее время основным средством контроля зернистости карбидной фазы.

Значение коэрцитивной силы введено с ГОСТ [4] наряду с прочностными характеристиками твердых сплавов, однако рекомендуемый для ее измерения коэрцитиметр «Кобальт-1» [5] в настоящее время не производится. Поэтому существует необходимость разработки отечественного прибора для магнитного контроля микроструктуры твердых сплавов.

Для измерения основных магнитных характеристик твердых сплавов использовался испытательный стенд, основные функциональные элементы которого представлены на рис. 1.

С помощью стенда после соответствующей обработки осциллограмм петель гистерезиса, полученных при различной интенсивности полей перемагничивания, можно судить о максимальной и остаточной индукции, коэрцитивной силе, магнитной проницаемости, потерях на перемагничивание ферромагнитных материалов.

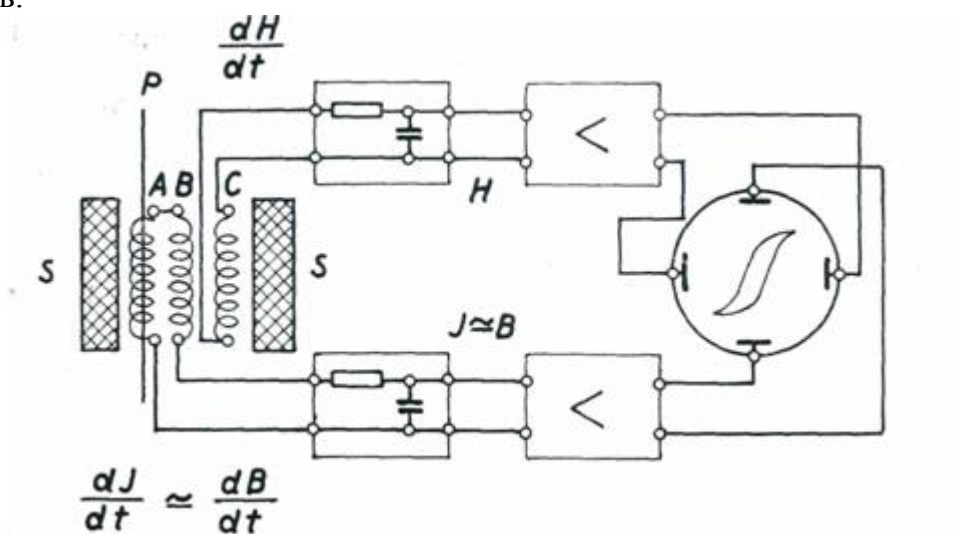


Рис. 1 - Функциональная схема испытательного стенда

В соленоиде S, длина которого значительно больше диаметра, размещены три индуктивных датчика из которых два A и B соединены последовательно навстречу друг другу. Один из этих датчиков является компенсационным. Эти датчики служат для измерения индукции. При возбуждении соленоида S переменным током напряжение обмотки датчика C пропорционально производной по времени напряженности магнитного поля внутри соленоида. Напряжение, снимаемое с двух последовательно включенных датчиков, при наличии одинаковых обмоток

равно нулю. При помещении в датчик А или В образца исследуемого ферромагнитного материала Р возникшее напряжение пропорционально производной по времени интенсивности магнитного поля, создаваемого в образце.

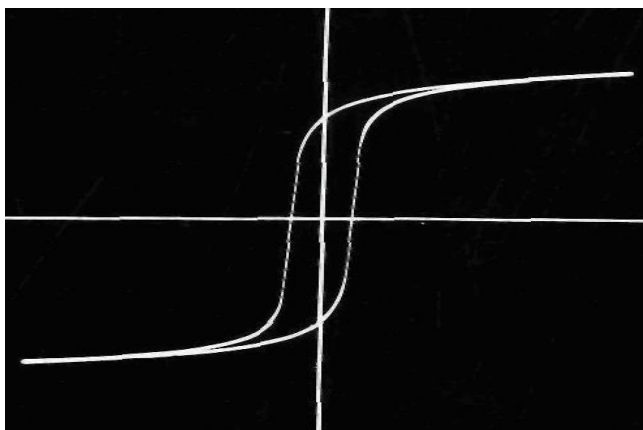


Рис. 2 - Вид осциллограммы петли гистерезиса, полученной на испытательном стенде

После интегрирования и усиления напряжения с датчиков А и С подаются на вертикальные и горизонтальные отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки соответственно, формируя изображение полного цикла перемагничивания (рис. 2).

Калибровка полученного изображения осуществляется путем изменения коэффициентов усиления усилителей и постоянной времени интеграторов для получения калибровочного напряжения по каналам горизонтального U_H и вертикального U_B отклонения.

Напряженность магнитного поля U_0 , соответствующая коэрцитивной силе H_c , рассчитывается по выражению $H_c = KU_0(\text{А/м})$, где коэффициент K определяется параметрами индуктивных датчиков.

В процессе работы была проведена модернизация испытательного стенда путем добавления блока обработки информации, предназначенного для приема, математической обработки информационного сигнала, записи результата в запоминающее устройство и отображения информации в цифровом виде на индикаторном устройстве.

Программное обеспечение позволяет проводить вычисление статистических характеристик результатов измерений при проведении повторных измерений или измерении коэрцитивной силы партии изделий или, а также предусматривает методы исключения промахов, возникающих в связи с флуктуационными помехами, возникающими в электронных цепях испытательного стенда.

Алгоритм работы модернизированного стенда следующий:

- аттестованный образец помещается катушку индуктивности измерительного блока;
- кнопками «Ввод» на лицевой панели поразрядно вводится значение H_c аттестованного образца с известным значением H_c ;
- схема создает постоянное напряжение U_1 , соответствующее введенному значению H_c ;
- включается питание катушки намагничивания;

- выполняется интегрирование измерительного сигнала и формирование соответствующего постоянного напряжения U_2 ;
- значение U_2 заносится в запоминающее устройство;
- подается команда на отключение катушки намагничивания;
- аттестованный образец удаляется из измерительного блока;
- испытуемый образец помещается в катушку индуктивности измерительного блока;
- включается питание катушки намагничивания;
- выполняется интегрирование измерительного сигнала и формирование соответствующего постоянного напряжения U_3 ;
- значение напряжения U_3 заносится в запоминающее устройство;
- вычисляется значение нормирующего коэффициента $A = U_2/U_3$;
- вычисляется значение напряжения U_4 испытуемого образца, соответствующее его H_c : $U_4 = A \cdot U_1$;
- значение U_4 заносится в запоминающее устройство, соответствующее ему значение H_c отражается на индикаторе на лицевой панели;
- подается команда на отключение катушки намагничивания;
- испытуемый образец удаляется из измерительного блока.

При необходимости измерения H_c партии образцов одной марки и одного типоразмера с аттестованным образцом процесс измерения повторяется, начиная с пункта 1).

Испытания модернизированного стенда проводились на цилиндрических образцах твердых сплавов марки ВК8, представляющих собой цельные стержни диаметром от 6 до 8 мм. Образцы были аттестованы с помощью коэрцитиметра KOERZIMAT фирмы "Institut Dr.Foerster GmbH & Co. KG. Результаты измерений представлены на рис.1.

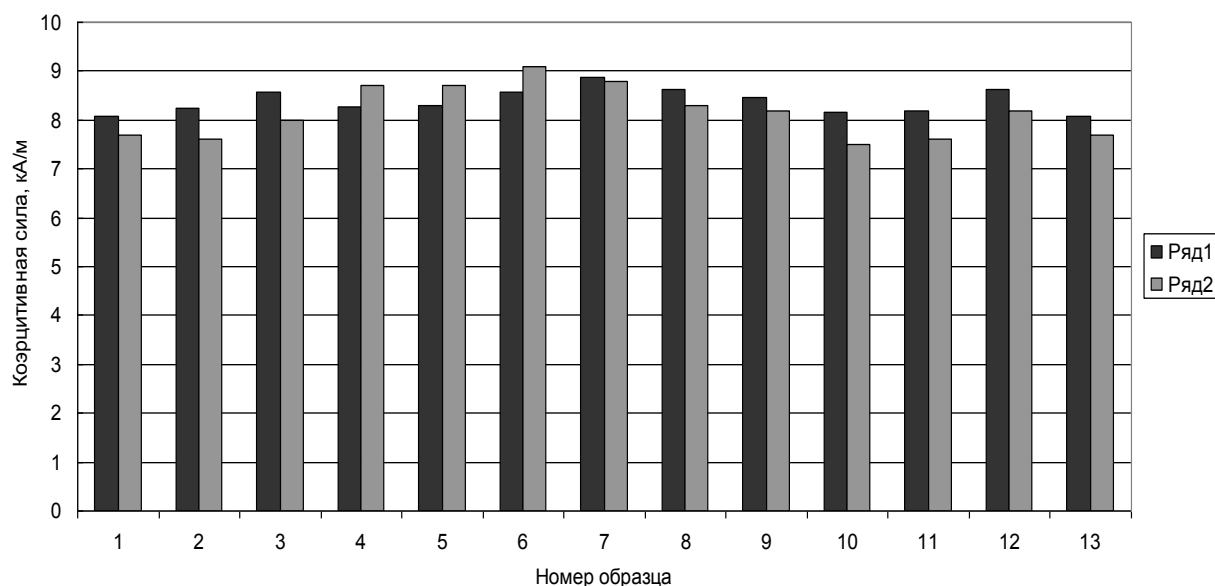


Рис. 3 - Результаты измерения коэрцитивной силы образцов твердых сплавов марки ВК8:

Ряд 1 – коэрцитивная сила испытуемых образцов, измеренная с помощью коэрцитиметра KOERZIMAT; Ряд 2 - коэрцитивная сила испытуемых образцов, измеренная с помощью модернизированного стенда

Сравнительный анализ результатов измерений показал, что максимальное

расхождение значений H_c составляет не более 15%.

Учитывая, что относительная погрешность измерений коэрцитивной силы согласно методики поверки прибора KOERZIMAT фирмы "Institut Dr.Foerster GmbH & Co. KG" должна находиться в пределах $\pm 6\%$ [6], можно считать полученные результаты удовлетворительными.

Список цитируемой литературы

1. Киффер Р., Бенезовский Ф. Твердые сплавы. Москва: Металлургия, 1971. – 390 с.
2. Лошак М. Г. Прочность и долговечность твердых сплавов - Киев: Наук. думка, 1984. – 325 с.
3. Цыбрий И.К. Магнитные свойства и методы исследования структуры спеченных твердых сплавов: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.02.01). – Ростов-на-Дону, 1984. – 166 с.
4. ГОСТ 20559 - 75. Сплавы твердые, материалы керамические инструментальные. Правила приемки и методы отбора проб. – Москва: Изд-во стандартов, 1975. – 11 с.
5. ГОСТ 24916 - 81. Сплавы твердые спеченные. Метод определения коэрцитивной силы. – Москва: Изд-во стандартов, 1981. – 8 с.
6. МП 28-261-2017 "ГСИ, Коэрцитиметр KOERZIMAT 1.097 НсJ. Методика поверки". URL: <http://www.all-pribors.ru/opisanie/67654-17-koerzimat-1-097-hsj-77206>

© Н.И.Симоненко, И.К.Цыбрий, 2018

УДК 621.38-022.533

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАДИУСА ЗОНДА НА ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ АДГЕЗИИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

А.А. Коньшин, e-mail:konshin@sfedu.ru, М.В. Ильина, e-mail:mailina@sfedu.ru, О.И. Ильин, e-mail:oilin@sfedu.ru, А.А. Федотов, e-mail:aafedotov@sfedu.ru
Южный Федеральный Университет, Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения, г. Таганрог

В данной статье рассматривается исследование влияния радиуса зонда атомно-силовой микроскопии (АСМ) на результаты измерения силы адгезии массивов углеродных нанотрубок (УНТ). Представлены результаты экспериментальных исследований адгезии массивов углеродных нанотрубок четырех типов с разными геометрическими параметрами, проведенных при помощи зондов АСМ радиусом 35 нм и 20 мкм. Показано, что увеличение площади контакта зонда с массивом более чем в 500 раз приводит к увеличению силы адгезии в 3-33 раза. Незначительное увеличение силы адгезии по сравнению с увеличением площади контакта может быть связано с увеличением поперечной составляющей деформации и слипанием УНТ между собой.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, адгезия, атомно-силовая микроскопия.

STUDY OF THE IMPACT OF PROBE RADIUS ON ADHESION MEASUREMENT OF THE CARBON NANOTUBES BY ATOMIC FORCE MICROSCOPY

A.A. Konshin, M.V. Ili'na, O.I. Ili'n, A.A. Fedotov
Southern Federal University, Institute of Nanotechnologies, Electronics, and Electronic Equipment Engineering, Taganrog

In this paper, we investigate the influence of the atomic force microscope (AFM) probe radius on the measuring results of the adhesion force of carbon nanotube (CNTs) arrays. It is presented the results of experimental studies of the adhesion of CNTs arrays of four types with different geometric parameters carried out using two AFM probes with a radius of 35 nm and 20 μ m. It is shown that an increase in the contact area between the probe and the array more than 500 times leads to an increase in the adhesion force of 3-33 times. A slight increase in the adhesion force as compared to the increase in

the contact area may be due to an increase in the transverse component of the deformation of CNTs and the connection between CNTs.

Keywords: carbon nanotubes, adhesion, atomic force microscopy.

1. Введение

Быстрое развитие нанотехнологий и открывшиеся возможности в области создания наноразмерных структур породили широкий интерес к исследованиям в области создания искусственных адгезионных структур на основе воспроизведения параметров биологических прототипов [1-8]. Создание искусственных адгезионных структур позволит решить ряд задач на предприятиях микро- и нанoeлектронной промышленности.

Изначально в качестве искусственных адгезионных структур использовались полимерные столбчатые наноразмерные структуры [4, 5]. Однако дальнейшие исследования показали, что наиболее перспективным материалом для создания таких структур являются ориентированные углеродные нанотрубки [1-3, 6-8]. Благодаря уникальными физико-механическими и геометрическими свойствами УНТ адгезия массивов на их основе ($10\text{--}500\text{ Н/см}^2$) во много раз превосходит адгезию полимерных столбчатых наноструктур (до 3 Н/см^2) [1-5]. Однако такие высокие значения адгезии наблюдаются только при локальном измерении адгезии единичных нанотрубок [3, 9]. При увеличении площади контакта и повторных циклах измерения наблюдается снижение адгезии УНТ, что связано с их разрушением и спутыванием при сцеплении с поверхностью и последующем отрыве [10, 11].

Целью данной работы является исследование влияния радиуса зонда атомно-силовой микроскопа на результаты измерения силы адгезии массивов углеродных нанотрубок с разными геометрическими параметрами и ориентацией.

2. Методика эксперимента

В качестве исследуемых образцов выступали массивы углеродных нанотрубок, выращенных методом плазмохимического осаждения из газовой фазы (PECVD) на пластине кремния с двухслойной структурой (Ni/Ti) на поверхности [12, 13]. Для проведения исследований были выбраны 12 образцов четырех типов: объединенные в пучки вертикально ориентированные УНТ (рис.1, а), индивидуальные вертикально ориентированные УНТ (рис.1, б), разветвленные УНТ (рис.1, в) и разориентированные УНТ (рис. 1, г). Предварительная оценка геометрических параметров выращенных массивов проводилась с использованием растрового электронного микроскопа (РЭМ) Nova NanoLab 600 (FEI, Нидерланды). Геометрические параметры массивов УНТ представлены в Таблице 1.

В качестве зондов АСМ использовались поликремневый зонд №1 серии НА_HR/W₂C с радиусом закругления 35 нм и коэффициентом жесткости $k = 34\text{ Н/м}$ и коллоидный зонд №2 серии CPC_SiO₂-20/Au с радиусом закругления 20 мкм и $k = 0,3\text{ Н/м}$. В ходе предварительного сканирования массивов в полуконтактном режиме АСМ определялся рельеф поверхности массивов УНТ и задавались точки измерения [14]. После чего в режиме силовой спектроскопии АСМ измерялись зависимости величины изгиба кантилевера (сигнал J_{DFL}) от степени выдвижения z-пьезоэлемента сканера (сигнал h) на прямом (красная зависимость) и обратном (черная зависимость) ходе кантилевера [9]. Характерные экспериментальные зависимости $\Delta J_{DFL}(h)$ для массива объединенных в пучки УНТ, полученные при помощи двух различных зондов, показаны на рис. 2.

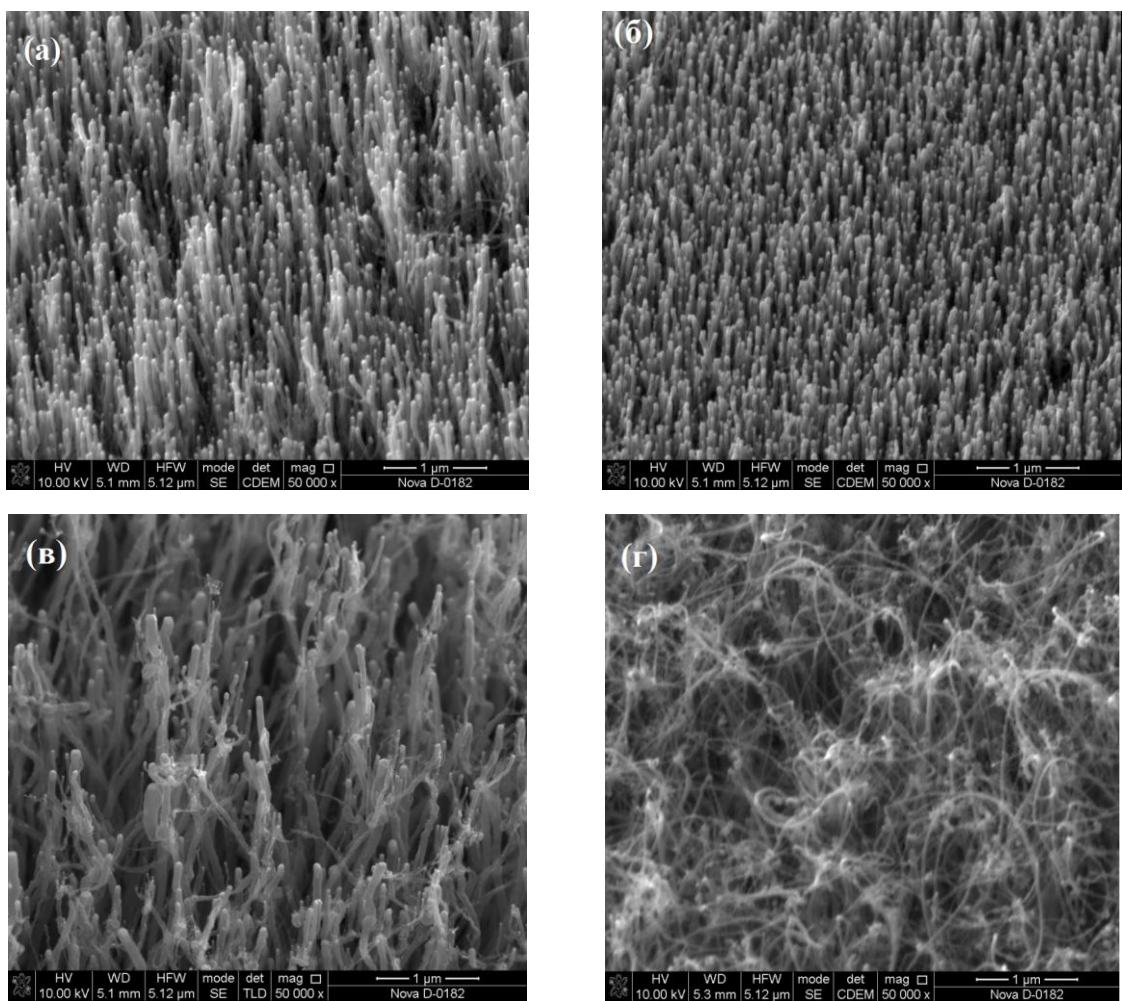


Рис. 1 – РЭМ-изображения 4 типов образцов массивов УНТ

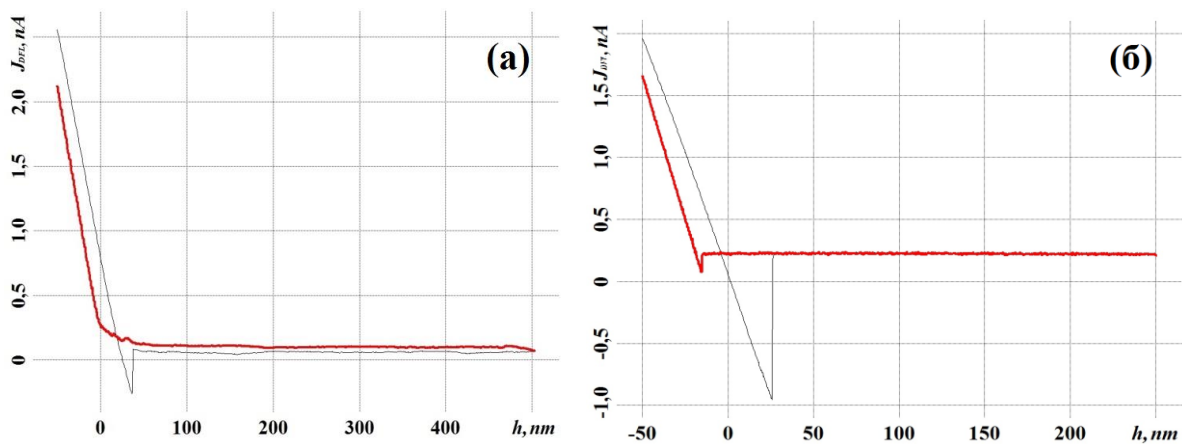


Рис. 2 – Экспериментальные зависимости $\Delta J_{DFL}(h)$ для массива объединенных в пучки УНТ, полученные зондами с радиусом закругления 35 нм (а) и 20 мкм (б)

С помощью полученных в результате силовой спектроскопии АСМ зависимостей оценивалась сила адгезии массива ВОУНТ F_a к поверхности зонда АСМ [8]:

$$F_a = \Delta J_{DFL} (dh / dJ_{DFL}) k, \tag{1}$$

где ΔJ_{DFL} – величина, равная разности сигнала ΔJ_{DFL} в точке полного отрыва зонда от массива УНТ и в точке максимального отрицательного значения сигнала ΔJ_{DFL} .

3. Результаты и обсуждение

Значения адгезии экспериментальных образцов, рассчитанные на основании формулы (1), представлены в Таблице 1.

Результаты исследований зондом №1 с радиусом закругления 35 нм показали, что наибольшая сила адгезии нанотрубок к зонду АСМ достигается в массивах с комбинацией высоких значений аспектного соотношения и наибольшей разветвленности структуры УНТ. Также прослеживается зависимость адгезии массивов от плотности нанотрубок в массиве. Так минимальное значение адгезии (82,26 нН) показал образец № 4, который представляет собой массив разделённых вертикально выровненных УНТ с минимальным значением отношения длины к диаметру УНТ – аспектным соотношением ~ 4,5. Наибольшее значение адгезии (1314,71 нН) было продемонстрировано образцом № 8, представляющим собой УНТ с разветвленной структурой, высокой плотностью и максимальным значением аспектного соотношения ~ 320. Кроме того, анализ измерения адгезии индивидуальных УНТ (образцы № 4–8) показал, что величина адгезии увеличивается с 82,26 до 260,54 нН с увеличением аспектного соотношения от 4,5 до 10,3 соответственно.

Таблица 1

Рассчитанные значения адгезии экспериментальных образцов и их геометрические параметры

Номер образца	Диаметр, нм	Высота, мкм	Плотность, мкм ⁻¹	Сила адгезии, измеренная зондом №1, нН	Сила адгезии, измеренная зондом №2, нН
Пучки УНТ					
1	43,8	0,65	82	195,28	5030
2	35,6	1,21	72	255,71	8533
3	51	0,69	69	433,31	11121
Индивидуальные УНТ					
4	62	0,28	54	82,26	671
5	44,1	0,35	95	193,18	2300
6	63,2	0,65	38	260,54	1560,7
Разветвлённые УНТ					
7	42,1	0,42	71	166,67	3216
8	50,1	15,97	44	1314,71	6416
9	44,7	12,45	26	274,93	2240,7
Разориентированные УНТ					
10	34,6	2,11	89	349,71	1092
11	28,8	3,07	45	647,61	2705,8
12	28,7	2,87	52	904,37	7376

Результаты исследований зондом №2 этих же образцов показали, что увеличение радиуса зонда приводит к росту силы адгезии массивов УНТ от 3 до 33

раз в зависимости от их геометрических параметров и ориентации (Таблица 1). Так для массивов разориентированных УНТ увеличение силы адгезии составляло от 3 до 8 раз; для индивидуальных вертикально ориентированных УНТ – от 6 до 11 раз; для массивов разветвленных УНТ – от 5 до 19 раз; для объединенных в пучки УНТ увеличение силы адгезии достигало максимальных значений (от 25 до 33 раз). Таким образом, зависимость между силой адгезии УНТ и радиусом зонда существенно зависит от геометрических параметров и ориентации углеродных нанотрубок. Так для индивидуальных и разветвленных УНТ увеличение радиуса зонда приводит к увеличению силы адгезии в среднем в 10 раз, при этом площадь контакта зонда с массивом возрастает более чем в 500 раз. Это вероятно связано с увеличением поперечной составляющей деформации нанотрубок и слипанием УНТ между собой при увеличении радиуса зонда, что приводит к небольшому росту силы адгезии относительно площади контакта. Для разориентированных УНТ влияние данных процессов незначительно, т.к. нанотрубки переплетены и поперечная деформация УНТ преобладает перед продольной как при измерении зондом №1, так и при измерении зондом №2. Поэтому в данном случае увеличение силы адгезии с ростом радиуса зонда минимально. При измерении массивов объединенных в пучки УНТ наблюдается максимальное увеличение силы адгезии, что вероятно связано с преобладанием продольной деформации и минимальным слипанием нанотрубок между собой при увеличении радиуса зонда, т.к. они изначально образуют вертикально ориентированные пучки УНТ.

Таким образом, показано, что увеличение площади контакта зонда с массивом углеродных нанотрубок более чем в 500 раз в зависимости от геометрических параметров и ориентации УНТ приводит к увеличению силы адгезии только в 3 – 33 раза. Незначительное увеличение адгезии по сравнению с увеличением площади контакта может быть связано с увеличением поперечной составляющей деформации нанотрубок и слипанием УНТ между собой.

4. Выводы.

В работе проведены экспериментальные исследования адгезии массивов углеродных нанотрубок четырех типов методом силовой спектроскопии АСМ с использованием зондов с радиусом закругления 35 нм и 20 мкм. Величина адгезии массивов УНТ в зависимости от их геометрических параметров и ориентации при измерении зондом радиусом 35 нм изменялась от 82,26 до 1314,71 нН, что хорошо согласуется с имеющимися литературными данными по измерению локальной адгезии УНТ [1-3]. Установлено, что максимальное значение адгезии УНТ к зонду АСМ достигается в массивах, сочетающих в себе разориентированную структуру и высокое значение аспектного соотношения УНТ. При измерении зондом радиусом 20 мкм данная зависимость сохранялась и сила адгезии увеличивалась в 3 – 33 раза. При этом незначительное увеличение адгезии по сравнению с увеличением площади контакта может быть связано с увеличением поперечной составляющей деформации нанотрубок и слипанием УНТ между собой.

Результаты исследований могут быть использованы для создания адгезионных структур и элементов наноэлектроники на основе углеродных нанотрубок.

Благодарности

Результаты были получены с использованием оборудования Научно-образовательного центра и Центра коллективного использования «Нанотехнология» Южного Федерального Университета.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№16-29-14023 офи_м) и внутреннего гранта Южного Федерального Университета (проект ВнГр-07/2017-26).

Список цитируемой литературы

1. L. Qu, L. Dai. Gecko-Foot-Mimetic Aligned Single-Walled Carbon Nanotube Dry Adhesives with Unique Electrical and Thermal Properties // *Adv. Mater.* 2007. №19. - p. 3844–3849
2. M. Rouhrig, M. Thiel, M. Worgull, H. Houlscher. 3D Direct Laser Writing of Nano- and Microstructured Hierarchical Gecko-Mimicking Surfaces // *Small*. 2012. № 19. - p.3009–3015
3. K. Autumn, Y. A. Liang, S. T. Hsieh, W. Zesch, W. P. Chan, Th. W.Kenny, R. Fearing, R. J. Full. Adhesive force of a single gecko foot-hair // *Nature*. 2000. №405. - p.681-685
4. H.E. Jeong, S.H. Lee, P. Kim, K.Y. Suh. High aspect-ratio polymer nanostructures by tailored capillarity and adhesive force // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2008. №313-314. – p.359-364
5. C. Majidi, R.E. Groff, K. Autumn, S. Baek, B.Bush, N. Gravish, R. Maboudian, Y. Maeno, B. Schubert, M. Wilkinson, R.S. Fearing. High friction from a stiff polymer using micro-fiber arrays // *Physical Review Letters*. 2006. vol. 97. №076103.
6. L. Qu, L. Dai, M. Stone, Z. Xia, Z.L. Wang. Carbon nanotube arrays with strong shear binding-on and easy normal lifting-off // *Science*. 2008. vol. 322. - p.238-242.
7. Ping-Chi Tsai, Yeau-Ren Jeng, Chien-Ping Maoa, Kuan-TeWu, Franklin Chau-Nan Hong Effects of surface morphology, size effect and wettability on interfacial adhesion of carbon nanotube arrays // *Thin Solid Films*. 2013. № 545. - p.401–407
8. B. Yurdumakan, N.R. Raravikar, P.M. Ajayan, A. Dhinojwala. Synthetic gecko foot-hairs from multiwalled carbon nanotubes // *Chemical Communications*. 2005. - p.3799-3801
9. Агеев О.А., Ильин О.И., Климин В.С., Рубашкина М.В., Смирнов В.А., Сюрик Ю.В., Цуканова О.Г. Исследование возможности создания биомимических адгезионных покрытий на основе массива вертикально ориентированных углеродных нанотрубок // *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2014. № 9. - с.58-67.
10. C.T. Wirth, S. Hofmann, J. Robertson. Surface properties of vertically aligned carbon nanotube arrays // *Diamond and Related Materials*. 2008. №10.
11. Агеев О.А., Блинов Ю.Ф., Ильина М.В., Ильин О.И., Смирнов В. А., Цуканова О.Г. Исследование адгезии вертикально ориентированных углеродных нанотрубок к подложке методом атомно-силовой микроскопии // *Физика твердого тела*. 2016. №2. - С.301-306.
12. Ильин О.И., Климин В.С., Рубашкина М.В., Сергиенко К.С., Семенов А.С., Федотов А.А., Чинь Ван Мыой, Яненко В.Ю. Термодинамический анализ взаимодействия в системе Ni-Cr-Si при выращивании углеродных нанотрубок методом химического осаждения из газовой фазы // *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2014. № 9. - С.79-92.
13. Рудык Н.Н., Ильин О.И., Федотов А.А., Ильина М.В. Исследование влияния скорости нагрева на параметры углеродных нанотрубок выращиваемых методом PECVD // *Сборнике статей 26-ой Международной Крымской конференции "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии" (КрыМиКо'2016)*. 2016. - С.1452-1458.
14. Агеев О.А., Ильин О.И., Рубашкина М.В., Смирнов В.А., Федотов А.А., Цуканова О.Г. Определение удельного сопротивления вертикально ориентированных углеродных нанотрубок методами сканирующей зондовой микроскопии // *Журнал технической физики*. 2015. № 7. - С.100-106.

© А.А. Коньшин, М.В. Ильина, О.И. Ильин, А.А. Федотов. 2018

РЕАЛИЗАЦИЯ АППАРАТНО-ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСА БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ НА ОСНОВЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

М.А. Сарайкин, e-mail:saraykin1996@gmail.com,

А.П. Борисов, e-mail: boralp@gmail.com

Алтайский государственный технический университет имени И. И. Ползунова (АлтГТУ им. Ползунова), г. Барнаул

В данной статье рассматривается разработка системы биометрической защиты на основе распознавания лиц с применением мобильного приложения для обучения студентов направления “Информатика и вычислительная техника”. Рассмотрены принципы работы систем биометрической защиты на основе распознавания лиц, метод Виолы-Джонса. Описаны аппаратная и программная реализация данного проекта. Построенная система, нетребовательна к мощностям аппаратных средств, позволяет создавать опытные системы биометрической защиты на основе распознавания лиц с высокой степенью повторяемости. Самостоятельная реализация данной системы позволит студентам на практике познакомиться с наукой компьютерного зрения.

Ключевые слова: метод Виолы-Джонса, системы биометрической защиты, распознавание лиц.

REALIZATION OF THE HARDWARE AND PROGRAMNY COMPLEX OF BIOMETRIC PROTECTION ON THE BASIS OF FACE RECOGNITION WITH APPLICATION OF THE MOBILE APPLICATION

M.A. Saraykin, A.P. BORISOV

Altai state university of Polzunov (AltSTU), Barnaul

In this article development of the system of biometric protection on the basis of face recognition with application of a mobile application for training of students of the "Informatics and Computer Facilities" direction is considered. The principles of work of systems of biometric protection on the basis of face recognition, Viola-Jones's method are considered. Are described hardware and program implementation of this project. The constructed system, is undemanding to capacities of hardware, allows to create the skilled systems of biometric protection on the basis of face recognition with high degree of repeatability. Independent realization of this system will allow students to get acquainted in practice with science of computer sight.

Keywords: Viola-Johnes method, system biometric protection, facial recognition.

В учебном процессе у студентов на сегодняшний день нет возможности познакомиться с наукой компьютерного зрения. Однако, в информационной безопасности сегодня оно используется часто. Примером использования данной технологии является аутентификация пользователя с помощью распознавания лица. Далее рассмотрим реализацию данной технологии с помощью микрокомпьютера *Raspberry Pi*.

Перед началом работы следует подключить камеру и простейший элемент СКУД к *Raspberry PI Zero W*. Схема подключения представлена на рисунке 1.

Настройка микрокомпьютера начинается с установки *Raspbian*. Для установки можно воспользоваться *NOOBS*, однако для работы с *USB* накопителями данный метод не подходит. Для реализации запуска операционной системы со второстепенного носителя мы должны собрать простейший загрузчик. Для упрощения процесса можно воспользоваться разделом *BOOT* образа *Raspbian* и поменять в файле *cmdline.txt* путь загрузки: *root = /dev/sda2*.

После загрузки необходимо скачать, скомпилировать и установить *OpenCV* – библиотеку, разработанная компанией *INTEL* для работы изображениями.

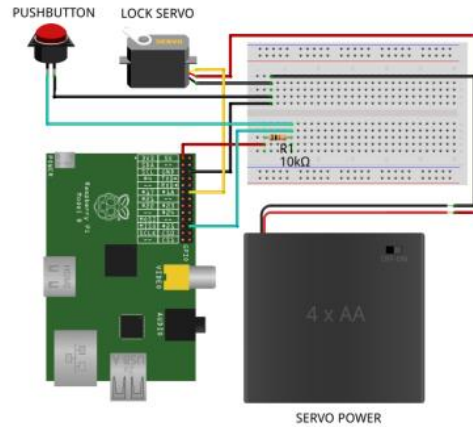


Рис. 1 – Схема подключения аппаратных модулей

Установка связей, скачивание исходного кода, компиляция библиотеки:

```
sudo apt-get update && sudo apt-get install build-essential cmake pkg-config
python-dev libgtk2.0-dev libgtk2.0 zlib1g-dev libpng-dev libjpeg-dev libtiff-dev libjas-
per-dev libavcodec-dev swig
```

```
wget https://sourceforge.net/projects/opencvlibrary/files/opencv-
unix/3.4.0/opencv-3.4.0.zip && unzip opencv-3.4.0.zip
```

```
cd opencv-3.4.0 && cmake -DCMAKE_BUILD_TYPE=RELEASE -
DCMAKE_INSTALL_PREFIX=/usr/local -DBUILD_PERF_TESTS=OFF -
DBUILD_opencv_gpu=OFF -DBUILD_opencv_ocl=OFF
```

```
make
```

После завершения компиляции OpenCV, выполните данную команду для установки Pi:

```
sudo make install
```

```
sudo apt-get install python-pip && sudo pip install picamera && sudo pip install rpio
```

Для обнаружения лиц мы применим каскады Хаара OpenCV – на выходе мы обнаружим ограничивающей рамки (x, y) -координат лица в кадре.

Учитывая ограниченную рамку лица, мы можем применить библиотеку *dlib*, для того чтобы получить 68 основных точек используемых для локализации глаз, бровей, носа, рта и подбородка (Рисунок 2).

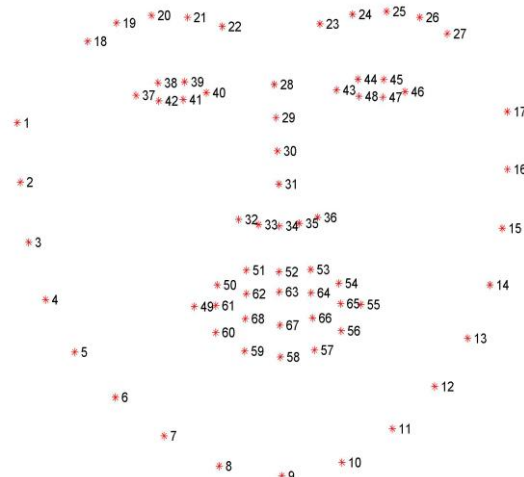


Рис.2 - Визуализация 68 координат лица

Все данные точки являются индексируемыми, а это значит, что мы можем использовать фрагменты данных точек для анализа фрагментов лица. Например, при использовании фрагмента глаза можно проверить что видит камера – человека или фотографию. Для этого достаточно проверить соотношение отрезков [T1:T4] и [T2:T5] (Рисунок 3).

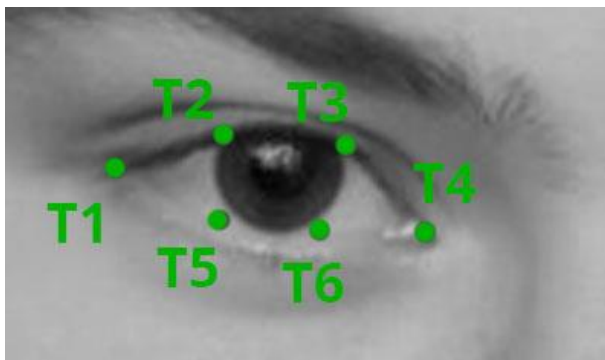


Рис.3 - Визуализация координат открытого глаза

Для демонстрации работы человеку достаточно моргнуть. Однако, данное соотношение отрезков аозможно использовать для более повсеместных задач – например, проверка водителя на сонливость.

Кодируем данный алгоритм:

```
def dist_glaz(ptA, ptB):
    # функция поиск расстояния между двумя точками
    return np.linalg.norm(ptA - ptB)
```

Теперь давайте определим функцию, которая используется для вычисления отношения расстояний между вертикальными ориентирами глаз и расстояниями между горизонтальными ориентирами глаз:

```
def sootnoshenie(eye):
    A = dist_glaz (eye[1], eye[5])
    B = dist_glaz (eye[2], eye[4])
    C = dist_glaz (eye[0], eye[3])
    ear = (A + B) / (2.0 * C)
    return ear
```

Возвращаемое значение будет приблизительно постоянным, когда глаз открыт и будет уменьшаться к нулю во время мигания. Если глаз закрыт, соотношение сторон глаз останется неизменным при гораздо меньшем значении.

Настроим видеопоток:

```
print("[INFO] Start")
vs = VideoStream(usePiCamera=True).start()
time.sleep(1.0)
while True:
    frame = vs.read()
    frame = imutils.resize(frame, width=450)
    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

    # поиск лиц в ЧБ изображении
    rects = detector.detectMultiScale(gray, scaleFactor=1.1,
                                       minNeighbors=5, minSize=(30, 30),
                                       flags=cv2.CASCADE_SCALE_IMAGE)
```


Переходим к распознаванию лиц:

for (x, y, w, h) in rects:

```
    rect = dlib.rectangle(int(x), int(y), int(x + w),  
                           int(y + h))
```

```
    shape = predictor(gray, rect)
```

```
    shape = face_utils.shape_to_np(shape)
```

Здесь начинается длинный цикл *for*, который разбивается на несколько блоков. Сначала мы извлекаем координаты, ширину и высоту. Затем строим прямоугольник *dlib*, используя информацию, извлеченную из ограничивающего прямоугольника Хаара. Далее мы определяем ориентиры для области лица и преобразуем ориентир лица (*x, y*) - координаты в массив *NumPy*. Учитывая наш массив *NumPy*, форму, мы можем извлечь координаты каждого глаза и вычислить искоемое соотношение:

```
    leftEye = shape[lStart:lEnd]
```

```
    rightEye = shape[rStart:rEnd]
```

```
    leftEAR = eye_aspect_ratio(leftEye)
```

```
    rightEAR = eye_aspect_ratio(rightEye)
```

```
    ear = (leftEAR + rightEAR) / 2.0
```

Как только значение *EAR* будет достаточно мало (при условии первоначальных больших значений), значит пользователь моргнул, а значит перед нами живой человек.

© М.А. Сарайкин, А.П.Борисов 2018

УДК 621.391.82

ЦИФРОВАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ В ОПТИЧЕСКОЙ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ

Ю.В. Кочетов, *votechok900@bk.ru*, **В.В. Макаров**, *Makarov.VV@tversu.ru*

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

г. Тверь

Рефлектометрические исследования оптического волокна представляют собой самый быстрый способ поиска неисправности в волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС). Основой данного вида измерений является зондирование оптическим импульсом лазерного излучения ВОЛС с последующей регистрацией во времени обратного рэлеевского рассеяния. Одной из основных характеристик оптического рефлектометра является динамический диапазон, характеризующий интервал восприятия оптического излучения. Цифровая фильтрация данных является одним из способов увеличения вышеуказанной характеристики. В данной работе представлены результаты математической обработки рефлектометрических данных, полученные при различных комбинациях фильтра Савицкого-Голея, медианного фильтра и фильтра скользящего среднего.

Ключевые слова: Оптический рефлектометр, ВОЛС, фильтрация

DIGITAL FILTERING IN OPTICAL TIME-DOMAIN REFLECTOMETRY

U.V. Kochetov, V.V. Makarov

Tver State University (TSU), Tver

Optical time-domain reflectometers (OTDR) are the fastest way to troubleshoot in fiber-optic communication lines (FOCL). The basis of this measurement's type is the optical pulse probe of the laser emission to the fiber optic link, followed by the recording power and delay time of backward Rayleigh scattering. One of the main characteristics of an optical time domain reflectometer is the dynamic range characterizing the interval of perception of optical radiation. Digital filtering is one way to increase this

characteristic. In this paper, we present the results of mathematical processing of OTDR data obtained with various combinations of the Savitsky-Golay filter, the median filter, and the moving average filter.

Keywords: Optical time-domain reflectometer (OTDR), dynamic range, digital filtering

Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) являются основным конкурентом традиционным медным линиям и беспроводным технологиям передачи. Благодаря ряду преимуществ, среди которых минимальные потери, неподверженность внешним электромагнитным помехам, высокая скорость передачи данных, ВОЛС широко применяется в телекоммуникационных сетях, а развитие технологии изготовления оптоволокна, уменьшение его себестоимости позволило увеличить в разы объемы информации, передаваемые по всему земному шару. Основой ВОЛС является оптическое волокно, представляющее собой двухслойную цилиндрическую кварцевую нить, состоящую из сердцевины и оболочки. Оболочка покрыта защитным слоем из акрилатного лака. Сердцевина легирована германием, поэтому её показатель преломления больше, чем у оболочки. Свет при распространении в сердцевине волокна испытывает полное внутреннее отражение на границе с оболочкой [1]. Одним из главных параметров волоконного световода является оптические потери и затухание распространяемой энергии. Эти параметры как раз и определяют дальность связи по ВОЛС. Собственные потери в современном оптическом волокне составляют 0.15-0.36 дБ/км (зависит от производителя оптоволокна и длины волны распространяемого света), что позволяет передавать оптический сигнал без регенераторов на расстояния, превышающие 100 км.

Для контроля затухания оптоволоконной линии проводят измерения с помощью оптических тестеров (источник оптического излучения - приемник). Такой способ контроля приемлем, когда нужно проверить целостность линии или получить общую величину затухания. Однако, данный способ не позволяет локализовать неисправности и определять их тип. Для решения подобных задач применяется рефлектометрический метод исследования ВОЛС. Оптический рефлектометр позволяет определить не только расстояние до неоднородности, но и ее тип (место сварки оптического волокна, трещину, механическое соединение, изгиб). На рис.1 представлена типичная рефлектограмма с указанием мест до "неоднородностей" и величин погонных затуханий на участках оптоволоконного тракта. Одной из наиболее важных характеристик оптического рефлектометра является динамический диапазон D , который определяет максимально возможное измеряемое затухание (см. рис.1).

Чем больше динамический диапазон тем более конкурентоспособней оборудование. Повысить динамический диапазон рефлектометра можно применением в конструкции устройства более дорогостоящих оптических компонент, а именно: мощного импульсного лазера, более чувствительного лавинного фотодиода. Существует и другой метод, позволяющий улучшить характеристики устройства без увеличения его себестоимости - это цифровая фильтрация полученных данных, способствующая росту отношения сигнал/шум (SNR) и приводящая к увеличению динамического диапазона. В данной работе нами было проанализировано три типа различных цифровых фильтров: фильтр Савицкого-Голея [2], медианный фильтр, фильтр скользящего среднего.

Фильтры Савицкого-Голея или полиномиальные сглаживающие фильтры хорошо проявляют себя при обработке сигналов с широким частотным спектром, что очень важно для нас из-за присутствия событий на рефлектограммах Френелевского отражения, похожего на импульсный сигнал.

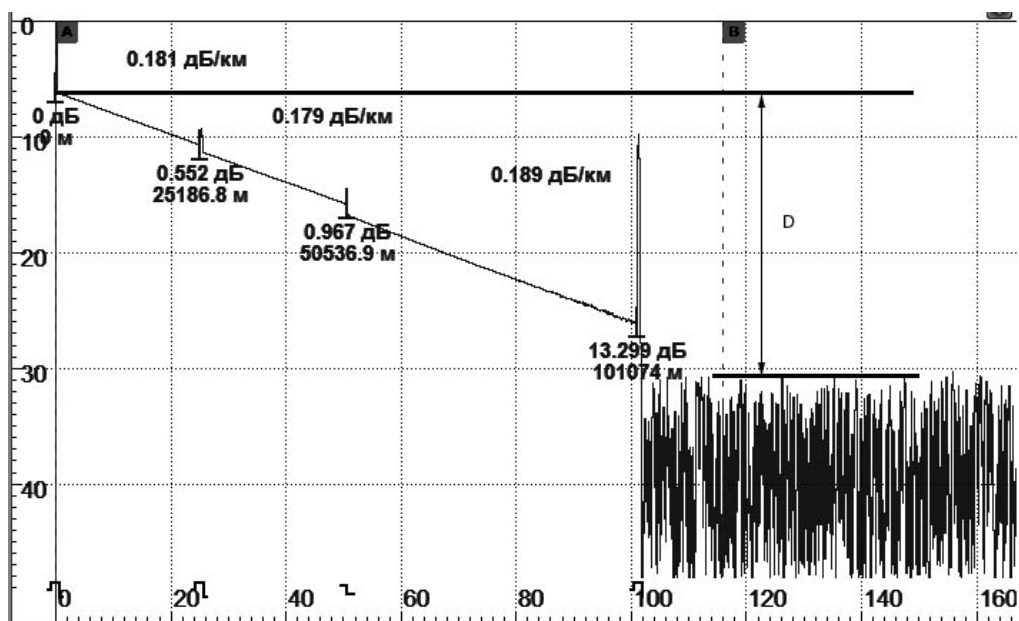


Рис.1 Типичная рефлектограмма.

D - динамический диапазон рефлектометра.

(Необходимо учесть, что есть и другие определения динамического диапазона)

На рис. 2 показана рефлектограмма в линейном масштабе. На ней видны три импульса, соответствующие отражению френеля от границы раздела (волокну-воздух). Первый - это отражение от порта рефлектометра, т.е. начало исследуемой оптической линии, два других - механические соединения участков волокна через оптические розетки.

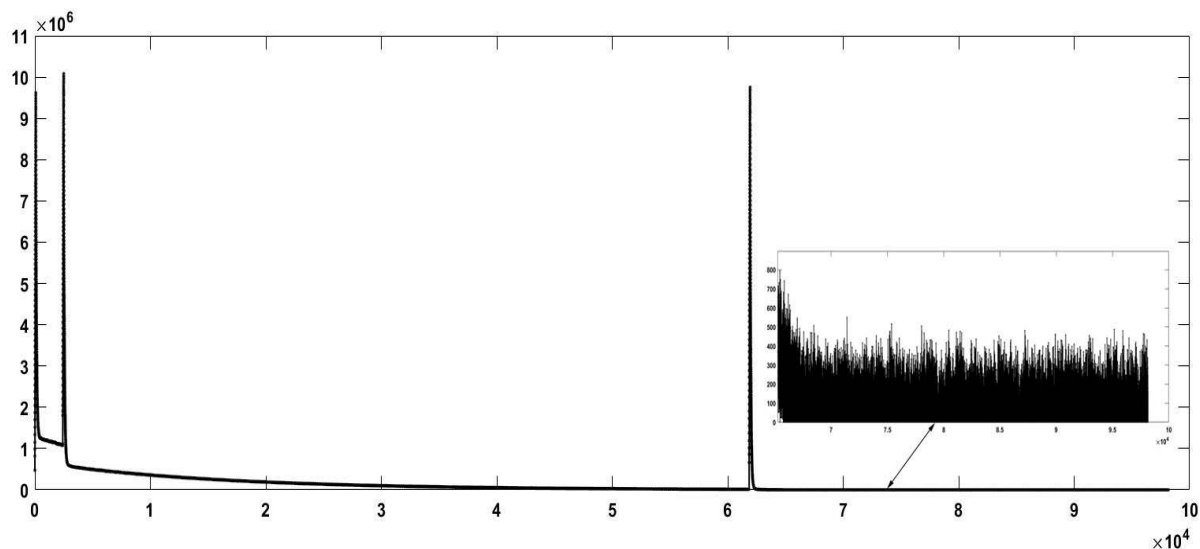


Рис.2. Рефлектограмма, линейный масштаб.

Здесь и далее по оси абсцисс указан индекс точки

Значительная амплитуда импульсов приводит к тому, что при фильтрации данных, даже с помощью фильтра Савицкого-Голея в начале фронта импульса наблюдается выброс, особенно хорошо заметный в логарифмическом масштабе рис.3-4. Изменение параметров фильтрации (порядок аппроксимирующего полинома и размер окна) приводят лишь к увеличению выброса.

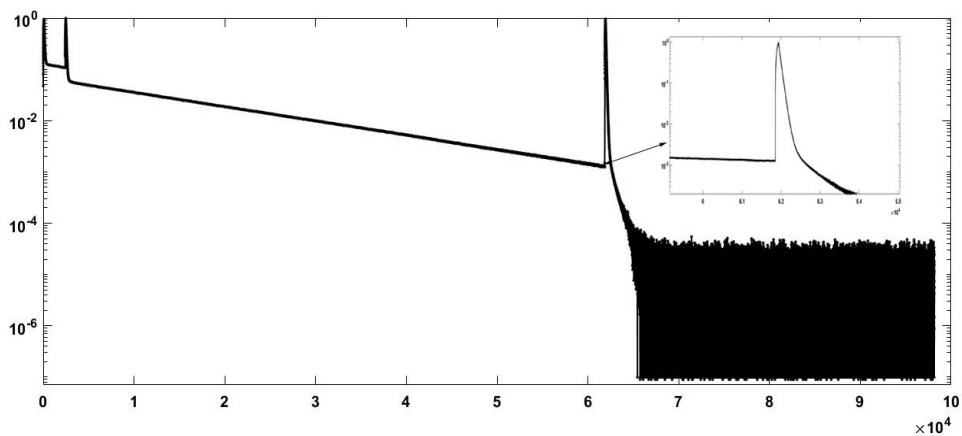


Рис.3. Рефлектограмма, логарифмический масштаб (до фильтрации)

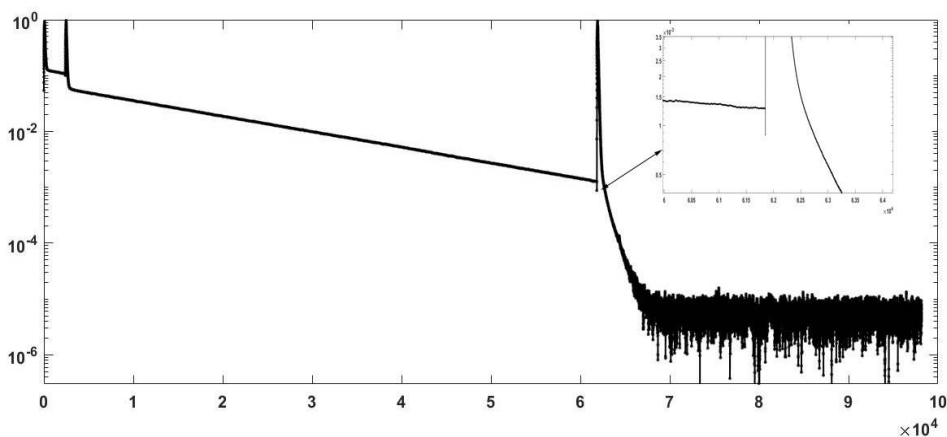


Рис.4. Рефлектограмма, логарифмический масштаб (после применения фильтра Савицкого-Голея)

Медианный фильтр является оконным фильтром, упорядочивающий оцифрованные данные и выделяющий срединный элемент (либо комбинацию, в виде скользящего среднего). Благодаря своим свойствам медианный фильтр хорошо сохраняет резкие (но не случайные) изменения сигнала, но при больших значениях размера окна приводит к изменению амплитуды импульсов отражения френеля. Поэтому было решено провести последовательное применение фильтров: первый этап - фильтр Савицкого-Голея, второй - медианный фильтр низкого порядка, который бы аннигилировал "случайные" импульсные помехи, длительностью намного меньшей, чем ширина зондирующего оптического импульса рис. 5.

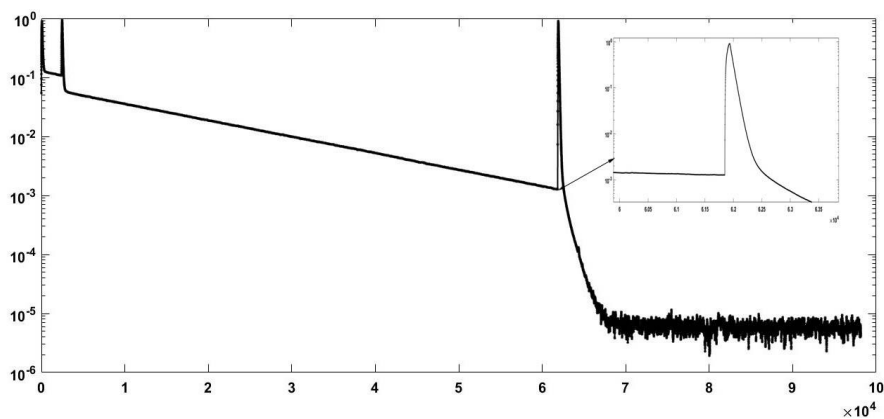


Рис.5. Рефлектограмма, логарифмический масштаб (после последовательного применения фильтра Савицкого-Голея и медианного фильтра)

К сожалению использование самого простого в реализации оконного фильтра скользящего среднего оказалось неоправданным, поскольку способствовало большему, по отношению к другим фильтрам, изменению начальной позиции событий (рис. 6), что в свою очередь приводило к увеличению погрешности, связанной с точностью определения местоположения неоднородностей. Возможный выход из данной ситуации - реализация программного смещения окна для компенсации ошибки будет рассмотрен в следующей работе.

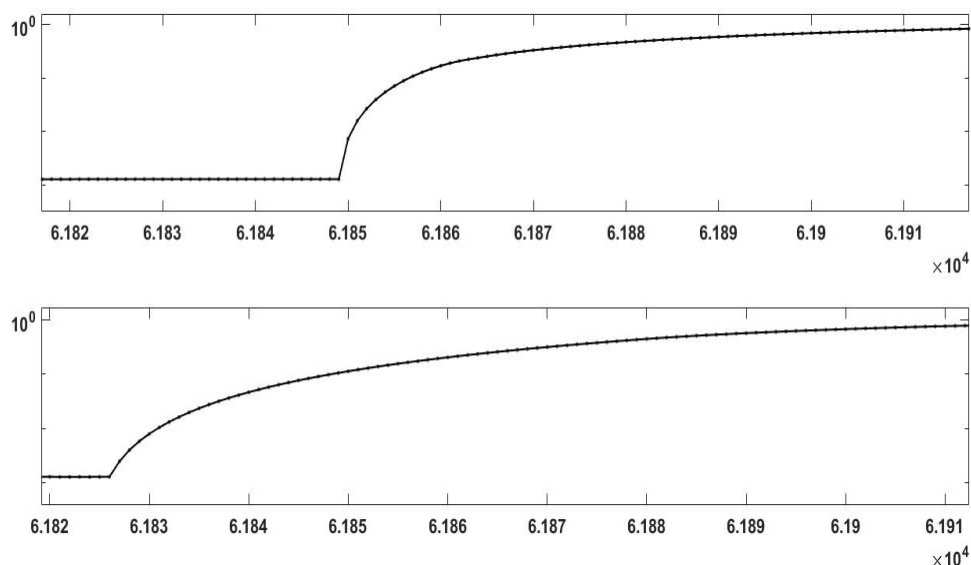


Рис.6. Участки рефлектограмм

Верхний рисунок - после последовательного применения фильтра Савицкого-Голея и медианного фильтра; нижний рисунок - после применения фильтра скользящего среднего.

Все рефлектометрические данные, представленные в данной работе, были получены с помощью оптического рефлектометра отечественного производства OTDR VISA. По результатам математической обработки в пакете прикладных программ MATLAB был реализован отдельный программный модуль на языке "С", позволяющий проводить оптимальный, на наш взгляд, алгоритм фильтрации, состоящий из последовательного применения фильтров Савицкого-Голея и медианного фильтра. Исходный код был предложен к рассмотрению фирме-производителю указанного оборудования.

Список цитируемой литературы

1. Листвин, А.В. Рефлектометрия оптических волокон/ А.В. Листвин, В.Н Листвин – М.: ЛЕ-САПарт, 2005. 208 с
2. Savitzky, A.; Golay, M.J.E. *Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures.* – *Analytical Chemistry*, 1964, v.36(8), p.1627–1639.

© Ю.В. Кочетов, В.В. Макаров, 2018

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ “ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ”

Р.Г. Оганян, Д.В. Шайхутдинов, e-mail:roman.work18@gmail.com

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Статья посвящена обзору измерительных трансформаторов электрических и цифровых подстанций. Получение измерительной информации на подстанции осуществляется по средствам измерительных трансформаторов тока и напряжения. Инновационный уровень автоматизации традиционных подстанций является цифровой подстанция, к которой в ближайшее время энергетическое сообщества планирует перейти. Помимо организации обмена информации в цифровом виде, изменения коснулись и измерительного оборудования. Однако, решение вопроса о выборе принципа работы измерительного трансформатора на цифровой подстанции до сих пор остается неявным. Для проведения сравнительной характеристики измерительных трансформаторов, представлена структура электромагнитного измерительного трансформатора, оптического измерительного трансформатора и измерительного трансформатора на основе катушки Роговского и принципы их функционирования. В результате сравнительного анализа выявлены достоинства и недостатки рассматриваемых технических устройств.

Ключевые слова: электроэнергетика, измерительный трансформатор, цифровая подстанция, оптический измерительный трансформатор, катушки Роговского.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MEASURING TRANSFORMERS FOR THE REALIZATION OF TECHNOLOGY "DIGITAL SUBSTATION"

R.G. Oganyan, D.V. Shaykhutdinov

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

The article is devoted to the survey of measuring transformers of electrical and digital substations. The acquisition of measuring information at the substation is carried out by means of measuring current and voltage transformers. The innovative level of automation of traditional substations is a digital substation, to which the energy community plans to move in the near future. In addition to organizing the exchange of information in digital form, changes have also affected the measuring equipment. However, the decision to choose the operating principle of a measuring transformer at a digital substation is still implicit. For the comparative performance of measuring transformers, the structure of an electromagnetic measuring transformer, an optical measuring transformer and a measuring transformer based on Rogowski coil and the principles of their functioning are presented. As a result of the comparative analysis, the advantages and disadvantages of the technical devices in question were revealed.

Keywords: electric power, measuring transformer, digital substation, optical measuring transformer, Rogowski coils.

Цифровая подстанция является инновационным уровнем автоматизации традиционных подстанций. Модный термин “Цифровая подстанция” давно является объектом обсуждений, и энергетическое сообщество переходит к решительному шагу – постепенная реализация данной технологии. Исследованию и реализации уделяется особое внимание, как за рубежом, так и в России [1-3].

Согласно ноябрьской конференции “Цифровая сеть”, обсуждать какие преимущества дает цифровая подстанция, не имеет смысла, так как переход к данным подстанциям будет неизбежно осуществлен [4]. Однако, каждый реализованный на сегодняшний день проект обладает уникальностью своего исполнения. Данное утверждение применительно и к выбору исполнения измерительного оборудования. Существуют пилотные проекты, в которых реализовано параллельное функционирование традиционных и оптических измерительных трансформаторов [5,6]. Функцио-

нирование традиционных измерительных трансформаторов на цифровой подстанции обеспечивает контроллер со встроенной платой мультиплексора [7]. В настоящее время есть возможность различной схемной реализации – на основе традиционных трансформаторов с использованием дополнительного оборудования или используя трансформаторы с инновационными принципами работы, такие как катушки Роговского или на основе оптических эффектов. Краткая информация об элементах упомянутых видов измерительного оборудования представлена ниже.

Измерительные трансформаторы на основе электромагнитной индукции

Трансформатор тока предназначен для уменьшения первичного тока до значений, наиболее удобных для измерительных приборов и реле, а также для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения [8].

Традиционный трансформатор тока имеет замкнутый магнитопровод 2 (рис.1) и две обмотки — первичную 1 и вторичную 3. Первичная обмотка включается последовательно в цепь измеряемого тока I_1 , к вторичной обмотке присоединяются измерительные приборы, обтекаемые током I_2 .

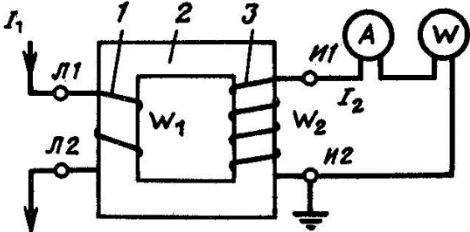


Рис. 1 - Схема включения трансформатора тока

Значения номинального вторичного тока приняты равными 5 и 1 А. Коэффициент трансформации трансформаторов тока не является строго постоянной величиной и может отличаться от номинального значения вследствие погрешности, обусловленной наличием тока намагничивания.

Трансформатор напряжения предназначен для понижения высокого напряжения до стандартного значения 100 или $100/\sqrt{3}$ В и для отделения цепей измерения и релейной защиты от первичных цепей высокого напряжения. Схема включения однофазного трансформатора напряжения показана на рис. 2, первичная обмотка включена на напряжение сети U_1 а ко вторичной обмотке (напряжение U_2) присоединены параллельно катушки измерительных приборов и реле. Трансформатор напряжения в отличие от трансформатора тока работает в режиме, близком к холостому ходу, так как сопротивление параллельных катушек приборов и реле большое, а ток, потребляемый ими, невелик.

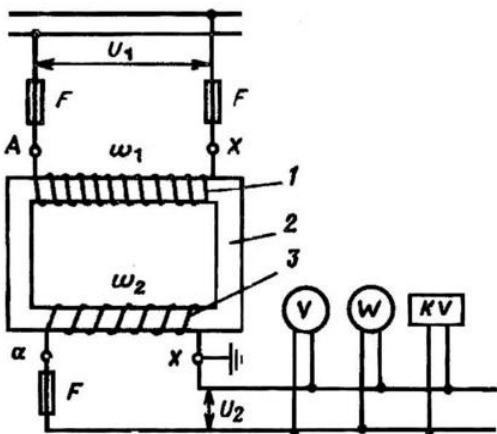


Рис. 2 - Схема включения трансформатора напряжения

К основным недостаткам традиционных измерительных трансформаторов относится:

1. Большой вес и габариты;
2. Пониженная сейсмостойкость;
3. Насыщение ТТ при КЗ;
4. Ширина и неравномерность полосы пропускания ТН;
5. Феррорезонанс и др.

Оптический трансформатор тока на основе магнитооптического эффекта Фарадея

Оптический трансформатор тока (ОТТ) основан на продольном магнитооптическом эффекте Фарадея, который заключается в том, что при распространении линейно поляризованного света через вещество, находящееся в магнитном поле, наблюдается вращение плоскости поляризации света [9]. Структурная схема оптического ТТ приведена на рис. 3.

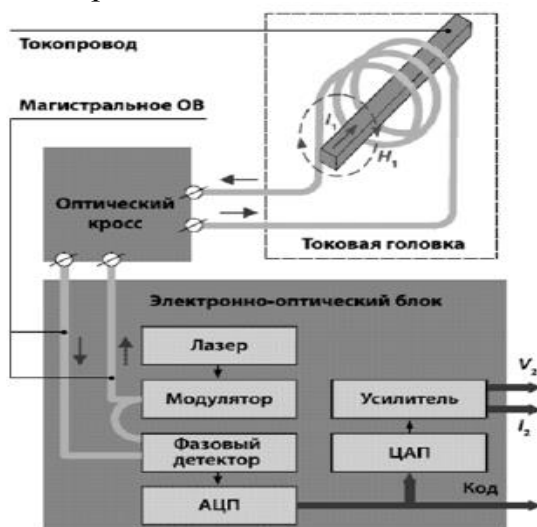


Рис. 3 - Структурная схема оптического ТТ или преобразователя тока (интерфейсы: V_2 – потенциальный выход; I_2 – токовый выход; код – выход АЦП)

Типичная схема ОТТ содержит чувствительный элемент в виде нескольких витков оптоволоконного кабеля (ОВ), помещенных в жесткую защитную оболочку из немагнитного материала – токовую головку для ОТТ и электронно-оптический блок (ЭОБ), соединяемый через оптический кросс.

ЭОБ генерирует с помощью встроенного лазера и модулятора на своем оптическом выходе монохроматический циркулярно поляризованный световой сигнал, направляемый по поддерживающему поляризацию ОВ на вход чувствительного элемента. В чувствительном элементе плоскость поляризации сигнала подвергается под воздействием магнитного поля H_1 тока I_1 соответствующему повороту на угол Фарадея, и с выхода чувствительного элемента световой сигнал поступает на оптический вход ЭОБ, где на фазовом детекторе из него формируется электрический измерительный сигнал.

Далее этот сигнал через аналого-цифровой преобразователь (АЦП) поступает в виде цифрового кода определенной разрядности на дискретный интерфейсный выход ЭОБ и через цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) на усилитель, где формируются нормированные аналоговые выходные сигналы в виде напряжения или тока для выдачи на аналоговый интерфейс ЭОБ. Таким образом,

измерительная информация может быть получена на выходе ЭОБ для дальнейшего использования [10].

Оптический трансформатор напряжения на основе электрооптического эффекта Поккельса

Оптико-электронный трансформатор напряжения предназначен в первую очередь для измерения фазного напряжения в высоковольтном устройстве, с целью питания аппаратуры релейной защиты и измерительных приборов [11].

В качестве основного элемента оптико-электронного ТН (ОЭТН) принята ячейка Поккельса. Из сравнения работы ячеек Поккельса и использующихся также для измерения напряжений высоковольтных установок модуляторов света, основанных на эффекте Керра, вытекают значительные преимущества первой. Они заключаются в лучшей модуляционной характеристике, доступности в технической реализации, долговечности, работоспособности в широком температурном диапазоне.

Существенным недостатком способа измерения напряжения, использующим модулятор Керра, является то, что интенсивность луча света (носителя информации) является нелинейной. Поэтому полученные осциллограммы приходится расшифровывать графическим способом.

Основным элементом ячейки Поккельса является кристалл толщиной L в направлении главной оптической оси (оси Z). Эффект Поккельса обнаруживается только в кристаллах с пьезоэлектрическими свойствами (поляризация диэлектрика под действием механических напряжений). В этих кристаллах по главной оси Z не происходит разложения света на обыкновенный и необыкновенный лучи, в то время как другие оси этим свойством обладают. Если же к кристаллу приложить электрическое поле вдоль оси Z , то оптическая ось расщепится на две, кристалл станет двуосным. Световой луч разлагается на обыкновенный и необыкновенный. Это явление, носящее название эффект Поккельса, и положено в основу оптико-электронного ТН.

Схема устройства с использованием ячейки Поккельса содержит элементы: источник света, объектив поляризатор, кристалл Поккельса, электроды, анализатор и фотоприемник (осциллограф). Принципиальная схема ОЭТН с использованием модулятора Поккельса приведена на рис. 4.

Функциональная связь между элементами схемы осуществляется следующим образом: по интенсивности поток от источника света 1 формируется оптической системой 2 в параллельный пучок лучей, который по оптическому каналу связи (ретранслятору) 3 передается на сторону ВН, где с помощью поворотных призм 4 поступает в модулятор Поккельса 5, содержащий последовательно расположенные поляризатор 6, управляемый измеряемым параметром (напряжением) элемент – ячейку Поккельса 7, анализатор 8. Модулированный по интенсивности световой поток 3 по оптическому каналу связи 9 передается на землю в приемную оптическую систему 10, которая направляет его в фотоприемник 11. Выходной сигнал фотоприемника, пропорциональный измеряемому параметру — напряжению, может быть при необходимости подан на усилитель 12 и далее на исполнительные или регистрирующие приборы и устройства 13.

Оптический сдвиг фаз зависит только от напряжения, подводимого к ячейке, и не зависит от геометрических размеров кристалла. Поэтому предельное значение измеряемого напряжения определяется только его электрической прочностью и на практике равно 2 – 4 кВ.

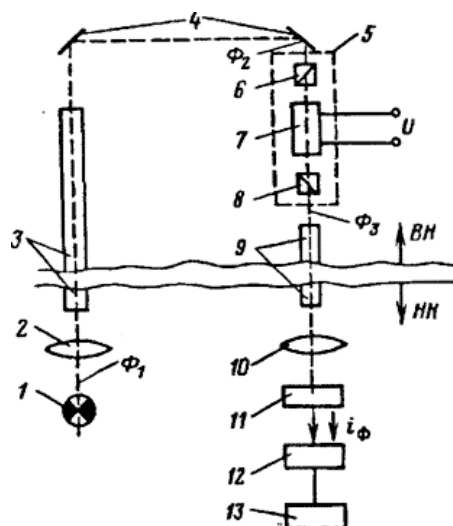


Рис. 4 - Принципиальная схема ОЭТН

Это напряжение сравнительно мало, а поэтому для расширения пределов измерений на кристалл необходимо наложить дополнительную оптически прозрачную пластину с тем, чтобы создать емкостный делитель напряжения. Таким образом, удастся поднять предел измерения до десятков киловольт. Если измеряемое напряжение превышает и это значение, необходимо воспользоваться каким-либо делителем напряжения с тем, чтобы на ячейку Поггеля подать часть измеряемого напряжения.

Трансформаторы тока на основе катушки Роговского

В катушках Роговского [12] используются те же самые принципы работы, что и в традиционных трансформаторах тока с металлическим сердечником. Основное отличие заключается в том, что намотка катушки Роговского осуществляется на немагнитный сердечник, результатом чего является линейность характеристики, поскольку сердечник не насыщается.

Однако, в отличие от традиционных ТТ, вторичный ток которых пропорционален первичному току, выходное напряжение катушек Роговского является масштабированной производной по времени $di(t)/dt$ первичного тока. Для устройств защиты, которые используют в работе аналоговые значения промышленной частоты, необходима дополнительная обработка входного сигнала от датчиков тока, а микропроцессорное оборудование должно иметь конструктивную возможность принимать сигналы такого типа.

Конструктивно обмотки высокочастотных катушек Роговского выполнены в виде многослойных печатных плат из немагнитного материала. По этой причине взаимная индукция между первичной и вторичной обмотками очень мала, и на измерения могут повлиять внешние электромагнитные поля. Следовательно, для создания качественных токовых датчиков необходимо это учитывать.

Также, датчики тока должны быть двух исполнений: с замкнутым сердечником и с разомкнутым сердечником. Наличие второго исполнения позволяет устанавливать катушки без размыкания (отключения, разрезания) главных цепей. Такие типы также подходят для установки на несколько проводов, либо для установки на шины большого сечения.

На рис. 5 показан вариант конструктивного исполнения катушки Роговского.

Катушки Роговского можно подключить к реле защиты с помощью экранированной витой пары и соответствующих разъемов. Это обеспечивает простоту установки и предотвращает ошибки при подключении оборудования.



Рис. 5 - Пример конструкции катушки Роговского

Клеммные блоки не требуются, поскольку напряжение выходного сигнала катушки является минимальным с точки зрения безопасности. Кроме того, это напряжение не увеличивается при размыкании вторичной обмотки. Такие датчики также можно подключать к устройствам защиты с помощью оптоволоконных кабелей. При установке катушек в процессе модернизации соответствующих систем на подстанции не требуется вносить никаких изменений в существующую первичную схему электрических соединений.

Преимущества:

- Один и тот же датчик тока может удовлетворять предъявляемым требованиям в широком диапазоне протекающих токов, а также обеспечивать показатели точности, необходимые как для учета электроэнергии, так и для релейной защиты. Это существенное преимущество над традиционными ТТ, потому что для соответствия требованиям, предъявляемым со стороны защиты и измерительного оборудования может потребоваться установка нескольких ТТ различного класса точности и с разными коэффициентами трансформации.

- Катушки имеют хорошую совместимость с комплексами РЗА, построенными на базе современных коммуникационных систем согласно стандартам МЭК 61850.

- Катушки Роговского можно комбинировать с существующими традиционными ТТ, например, при модернизации систем РЗА один полукомплект дифференциальной защиты может быть подключен к традиционному ТТ, а второй – к датчику тока.

- Небольшой вес и размеры, что позволяет проектировать распределительные устройства более компактных размеров и меньшей массы.

- Датчики более безопасны для персонала и оборудования, поскольку выходные сигналы находятся в безопасных диапазонах (порядка нескольких вольт) в любых режимах работы, включая повреждения в энергосистеме.

- Легкость установки благодаря конструкции, состоящей из отдельных секций, как следствие, не требуется вносить изменения в существующую схему электрических соединений, а также разрезать или разъединять первичный провод.

- Из-за того, что выходной сигнал катушек Роговского маломощный и низковольтный, вторичные сигналы можно передавать по экранированной витой паре с необходимыми разъемами.

- Время простоя при установке датчиков тока в существующие электроустановки будет минимальным или отключение не понадобится совсем.

- Катушки Роговского безопасны для окружающей среды, поскольку в них не используется масляная или газовая изоляция.

Вместе с тем, необходимо учитывать дополнительные параметры при проектировании РЗА, такие как фазовый угол между вторичным напряжением и первичным током, значения гармонических составляющих, высокочастотные импульсы, бросок тока намагничивания при включении силового трансформатора.

В настоящее время в эксплуатации находится целый ряд комплексов РЗА, подтверждающих успешную и надежную работу с применением катушек Роговского, а срок эксплуатации составляет более 10 лет.

Несмотря на появление новых типов измерительных трансформаторов, в частности, в энергосистемах по-прежнему широко распространены традиционные трансформаторы тока (ТТ) с металлическим сердечником. Причина этого – хорошо зарекомендовавшие себя методики и стандарты, определяющие рабочие характеристики этих трансформаторов тока. Другой же причиной является тот факт, что технический персонал хорошо знаком с «традиционными» технологиями.

Вместе с тем, эксплуатация нового оборудования является более «продвинутой», поскольку они: обладают необходимой точностью измерений во всех режимах работы; имеют линейные рабочие характеристики; обладают компактными размерами и весят во много раз меньше «традиционных» ТТ. Такие датчики тока имеют низкое напряжение выходного сигнала в нормальном режиме работы, а при повреждениях это напряжение не превышает допустимых безопасных пределов [12].

При проектировании или модернизации подстанций требуется эффективно решить вопрос о соотношения стоимости и необходимого функционала. На текущий момент оптические ТТ и ТН являются довольно дорогим оборудованием, что приводит к торможению повсеместного строительства цифровых подстанций или же модернизации существующих на их основе. Кроме того, концепция цифровой подстанции предполагает передачу информации на полевом уровне на основе протокола МЭК 61850-9-2, который в настоящий момент изучен меньше всего [4]. Данное обстоятельство вносит дополнительную неуверенность в полноценной реализации технологии цифровой подстанции. Поэтому в настоящее время, большое внимание уделяется изучению протокола МЭК 61850-9-2, а также реализации элементов цифровой подстанции на уровне присоединения (МЭК 61850-8-1). Согласно статистике использования различных электронных трансформаторов, приведенной в выпуске №7 журнала «Цифровая подстанция», в качестве измерительных трансформаторов тока на текущий момент наиболее распространенным является применение их на основе эффекта Фарадея (386 единиц оборудования установлено на объектах), в то время как на основе катушки Роговского всего 3 единицы установленного оборудования. Трансформаторы напряжения на основе емкостного делителя напряжения установлены всего на 12 объектах, в то время как на основе эффекта Поккельса 0. Комбинированные трансформаторы тока и напряжения с применением катушки Роговского и емкостного делителя напряжения установлены на 377 объектах, в то время как комбинация на основе эффектов Фарадея и Поккельса установлена лишь в рамках пилотного проекта [5].

Таким образом, измерительные ТТ и ТН на основе катушки Роговского и емкостного делителя напряжения и ТТ на основе оптических эффектов являются более предпочтительны при реализации технологии цифровой подстанции исходя из их возможностей и стоимостных характеристик.

Список литературы

1. Горелик Т.Г. Цифровая подстанция. Обзор мировых тенденций развития [Электронный ресурс] / Т.Г. Горелик // Конференция «Инновационные проекты в электросетевом комплексе» в рамках выставки IPNES 2010. – 2010. Режим доступа: <http://www.myshared.ru/slide/207371/> (дата обращения 13.02.2018).
2. Дубров В.И. Методы и подходы определения технического состояния цифровых электроподстанций / В.И. Дубров, Р.Г. Оганян, Д.В. Шайхутдинов, Е.В. Кириевский, Т.Н. Круглова, Н.Д. Наракидзе // Фундаментальные исследования. – 2016. – №9. – С. 16-20.

3. Дубров В.И. Разработка математических моделей цифровых подстанций на базе анализа автоматизированных технологических систем преобразования электроэнергии / В.И. Дубров, Р.Г. Оганян, Д.В. Шайхутдинов, Е.В. Кириевский, Н.И. Горбатенко, Н.Д. Наракидзе // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – №9. – С. 36-40.
4. Конференция «Цифровая сеть»: материалы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://digitalsubstation.com/blog/2017/11/29/konferentsiya-tsifrovaya-set-materialy/> (дата обращения 13.02.2018).
5. Рыкованов С.Н. Пилотный проект “Цифровая подстанция” / С.Н. Рыкованов, В.И. Ухов, С.Р. Слабоспицкий, И.О. Ковцова // Релейщик. – 2014. – №1. – С. 32-39.
6. Дроздова Т.В. “Цифровая подстанция”: практический опыт. Первое в России внедрение технологии на действующем объекте генерации / Т.В. Дроздова, Н.Е. Елов, А.П. Морозов // Энергия единой сети. – 2016. - №3. – С. 54-61.
7. NPT MU (MergingUnit). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.epsa-spb.ru/npt-mu-mergingunit/> (дата обращения 13.02.2018).
8. Рожкова Л.Д. Электрооборудование станций и подстанций. / Л.Д. Рожкова, В.С. Козулин. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
9. Измерительные оптические трансформаторы тока и напряжения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ruscable.ru/doc/analytic/KPD-5/proline.pdf> (дата обращения 13.02.2018).
10. Измерительные трансформаторы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh/2015/96/06.php> (дата обращения 13.02.2018).
11. Оптико-электронный трансформатор напряжения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://leg.co.ua/info/podstancii/optiko-elektronnyy-transformator-napryazheniya.html> (дата обращения 13.02.2018).
12. Катушки Роговского – реальная альтернатива традиционным ТТ. <http://digitalsubstation.com/blog/2017/05/24/katushki-rogovskogo-realnaya-alternativa-traditsionnym-tt/> (дата обращения 13.02.2018).

© Р.Г. Оганян, Д.В. Шайхутдинов, 2018

УДК 621.317.333.6

СЕНСОРНЫЕ СВОЙСТВА ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ В СИСТЕМАХ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ **В.В. Гречихин¹, e-mail: vgrech@mail.ru, А.В. Кудря¹, e-mail: aptem.ky@gmail.com,** **Н.А. Кудря²,**

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
 имени М.И. Платова, г. Новочеркасск
 Донской государственный технический университет, г. Ростов на Дону

В статье приведены результаты исследования сенсорных свойств ферромагнитных материалов с памятью формы при разработке систем позиционирования, обладающих высокой точностью позиционирования и малыми массогабаритными параметрами с применением методологии решения обратных задач электротехники. Рассматриваются системы, содержащие ферромагнитный материал с эффектом памяти формы Ni_2MnGa в зазоре магнитопровода. Построена математическая модель системы, учитывающая магнитомеханическое состояние активного элемента из этого материала. Теоретически обосновываются требования к магнитным свойствам магнитопровода обеспечивающего оптимальную чувствительность системы к деформациям материала с памятью формы при низких значениях напряженности магнитного поля. Представлены результаты математического моделирования и натурных испытаний исследуемой системы. Получена зависимость приращения индуктивности магнитной системы от изменения деформированной области ферромагнетика с памятью формы находящегося в зазоре магнитопровода. Выполненные исследования показали эффективность комплексного использования ферромагнитных материалов с памятью формы в системах позиционирования в качестве активных элементов и сенсоров для создания, и измерения малых перемещений.

SENSORY PROPERTIES OF FERROMAGNETIC SHAPE MEMORY ALLOY IN POSITIONING SYSTEMS

V.V. Grechikhin¹, A.V. Kudrya¹, N.A. Kudrya²

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

Don State Technical University, Rostov-on-Don

The article presents the results of a study of the sensory properties of ferromagnetic shape memory alloy in the development of positioning systems with high positioning accuracy and small size parameters with the application of the methodology for solving inverse problems of electrical engineering. We consider systems that contain ferromagnetic material with shape memory effect in Ni_2MnGa magnetic gap. A mathematical model of a system taking into account magneto-mechanical active element of this material. Theoretically grounded requirements to the magnetic properties of the yoke provides optimum sensitivity of the system to deformation of ferromagnetic shape memory alloy at low values of the magnetic field. The results of mathematical modeling and field testing of the system under study. The dependence of the increment of the inductance of the magnetic system from changes in the deformed region of ferromagnetic shape memory alloy in the magnetic gap. The performed studies showed the effectiveness of the integrated use of ferromagnetic shape memory alloy in positioning systems as the active elements and sensors for generating and measuring small displacements.

Наиболее интересными среди сплавов с эффектом памяти формы является сплавы Ni_2MnGa при нормальных условиях являющиеся ферромагнетиком с температурой фазового перехода в районе 310 К с обратимыми магнито-деформациями в пределах от 0.2 до 7.3 % от длины образца. Данные сплавы могут найти применение в качестве активных элементов в высокоточных устройствах позиционирования. Кроме того, интересна зависимость между магнитными свойствами материала и его механическим состоянием [1]. Рассмотрим более подробно сенсорные свойства материала на примере замкнутой тороидальной намагничивающей системы со вставкой из ферромагнитного материала с памятью формы которая может свободно перемещается в зазоре магнитопровода (рис. 1- а)).

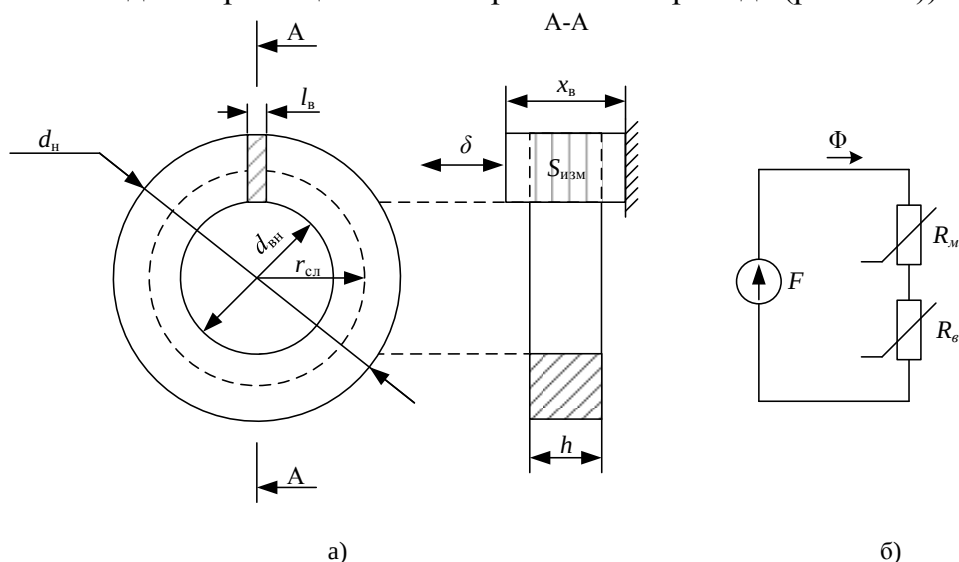


Рис. 1 – а) Геометрические размеры рассматриваемой магнитной системы;
б) Схема магнитной цепи

Длину средней линии магнитопровода l_M можно представить в виде разницы длины окружности с радиусом $r_{сл}$ и ширины чувствительного элемента l_B в зазоре:

$$l_{\text{м}} = 2\pi r_{\text{сл}} - l_{\text{в}} = k_{\text{м}} l_{\text{в}} \rightarrow k_{\text{м}} = \frac{2\pi r_{\text{сл}} - l_{\text{в}}}{l_{\text{в}}}, \quad (1)$$

где $k_{\text{м}}$ – отношение длины магнитопровода к длине вставки из ферромагнетика с памятью формы.

Площадь сечения $S_{\text{изм}}$ можно принять равной площади сечения магнитопровода и пренебречь потоком рассеяния, т.к. длина магнитопровода $l_{\text{м}} \gg l_{\text{в}}$:

$$S_{\text{м}} = S_{\text{изм}} = h \frac{d_{\text{н}} - d_{\text{вн}}}{2}.$$

При расчете параметров магнитной системы будем считать, что при деформации ферромагнетика с памятью формы сжатие его вдоль средней линии незначительно и составляет менее 5% от длины участка, воздушный зазор, появляющийся при сжатии вставки вдоль средней линии, вносит незначительное влияние на итоговую индуктивность которым можно пренебречь, а также отсутствуют поля рассеяния. Расчет будет производиться для сплава $\text{Ni}_{51,3}\text{Mn}_{24,0}\text{Ga}_{24,7}$, $B(H)$ характеристика которого представлена на рисунке 2 [2].

При достаточно высокой напряженности магнитного поля в материале начинаются магнитодеформации и фазовые превращения, поэтому для использования такого материала в качестве чувствительного элемента необходимо ограничить рабочую область. На рисунке 2 рабочая область выделена с помощью текстуры, в случае когда магнитные домены ориентированы не благоприятно к внешнему магнитному полю, материал по магнитным характеристикам приближается к парамагнетику, при увеличении количества благоприятно ориентированных доменов магнитная проницаемость увеличивается до уровня NiZn - ферритов.

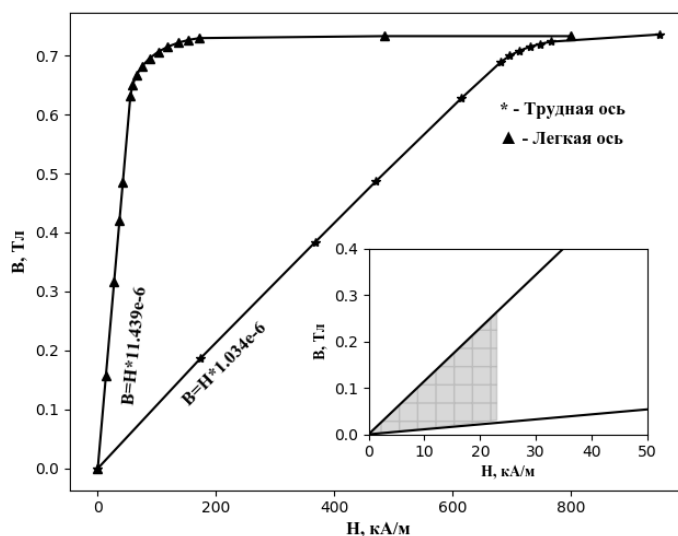


Рис. 2 – $B(H)$ характеристика сплава $\text{Ni}_{51,3}\text{Mn}_{24,0}\text{Ga}_{24,7}$

Таким образом, магнитная система, представленная на рис.1, должна с одной стороны создавать магнитные поля с напряженностью до 480 кА/м, с другой стороны в процессе измерения магнитные поля не должны влиять на механическое состояние образца. Минимальный размер магнитной системы можно рассчитать исходя из следующих выражений[5]:

$$\left\{ \begin{array}{l} H = \frac{\omega I}{kl_{\theta}} = \frac{\omega I}{\pi d_{cl}} \\ d_{cl} = \frac{d_n + d_{en}}{2} \\ d_{en} = \sqrt{\frac{4S_{en}}{\pi}} \\ S_{en} > S_{мин} = \frac{\omega \cdot k_3 \pi d_{np}^2}{4} \end{array} \right. \quad (2)$$

где H – напряженность магнитного поля при котором вставка из ферромагнитного материала с памятью формы может полностью деформироваться, k_3 – коэффициент заполнения, d_{np} – диаметр провода.

В общем случае схема магнитной цепи может быть представлена как последовательно соединённые нелинейные магнитные сопротивления и источник МДС (Рис.1-б)), однако т.к. в рабочей области характеристика ферромагнетика с памятью формы может быть аппроксимирована линейным уравнением, приведенная схема упрощается. Относительная магнитная проницаемость вставки из ферромагнитного материала с памятью формы анизотропна и зависит от его механического состояния, выразим ее следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu_x = \mu_l + \delta \Delta \mu \\ \mu_y = \mu_m - \delta \Delta \mu \\ \Delta \mu = \frac{\mu_l - \mu_m}{h} \\ 0 \leq \delta \leq 0,05 * h \end{array} \right. , \quad (3)$$

где $\mu_{xy}(\delta)$ – относительная проницаемость ферромагнетика с памятью формы зависящая от деформации при низких значениях напряженности магнитного поля, μ_l и μ_m соответственно, относительная магнитная проницаемость легкой и трудной осей. Приращение длины δ ограничено допустимой деформацией материала, в данном случае 5% от длины участка, деформация которого, определяется.

Запишем уравнение для магнитной цепи представленной на рис. 1-б), где используется отношение (1) длин вставки и магнитопровода[3,4]:

$$\omega^2 I = \psi \left(\frac{k_m l_{\theta}}{\mu_0 \mu_m S_m} + \frac{l_{\theta}}{\mu_0 \mu_{xy}(\delta) S_m} \right) = \psi \frac{l_{\theta}}{\mu_0 S_m} \left(\frac{k_m}{\mu_m} + \frac{1}{\mu_{xy}(\delta)} \right) = LI, \quad (4)$$

в данном случае рассматривается намагничивающая катушка, содержащая ω витков.

Используя выражение (4) рассмотрим, как меняется приращение индуктивности при изменении магнитной проницаемости магнитопровода при неизменной его длине (рис.3).

Очевидно, что чувствительность системы $\frac{dL}{d\delta}$ будет тем больше, чем больше изменение магнитного сопротивления вставки относительно сопротивления магнитопровода $\Delta R_{фмпф} > R_m$. Таким образом для нахождения оптимальной чувствительности оптимизации подлежат два параметра, отношение длины магнитопровода к длине вставки k_m и относительная магнитная проницаемость магнитопровода μ_m .

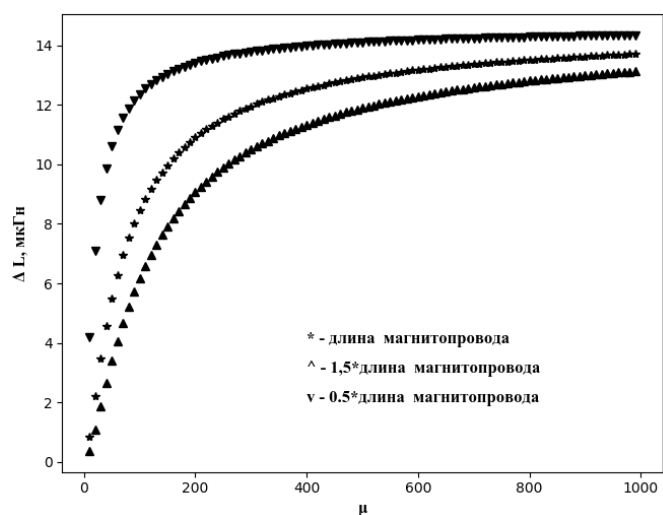


Рис.3 – Приращение индуктивности при различной относительной магнитной проницаемости магнитопровода

Из рисунка 3 видно, что существует некоторый предел относительной магнитной проницаемости магнитопровода при котором чувствительность магнитной системы не изменяется.

Для экспериментальной проверки уравнения (4) и систем уравнений (3,4) была собрана магнитная система, представляющая собой тороидальный сердечник из *NiZn* феррита и вставки из ферромагнитного материала памяти формы, параметры системы представлены в таблице 1.

Таблица 1- Параметры магнитной системы

$d_n, [\text{мм}]$	$d_{вн}, [\text{мм}]$	$h, [\text{мм}]$	μ	ω	$l_e, [\text{мм}]$
15,43	8,2	6,12	60	78	1

Экспериментально исследованная зависимость между абсолютной деформацией ферромагнетика с памятью формы и изменением его индуктивности хорошо согласуется с расчетами, произведенными по (4). На рис. 4 результаты измерений обозначены точками, а результат расчета в виде непрерывной функции.

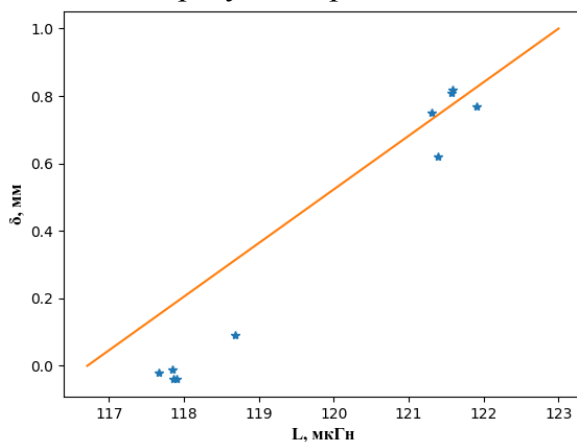


Рис. 4 – Зависимость индукции от абсолютной деформации вставки

Увеличение длины магнитопровода приводит к увеличению индуктивности, что нежелательно, т.к. большая индуктивность увеличивает требования к источ-

нику тока используемому для намагничивания. В свою очередь приращение индуктивности системы в большей степени зависит от относительной магнитной проницаемости магнитопровода, из рис. 3 видно, что значения μ должно быть более 400 для обеспечения максимальной чувствительности магнитной системы. При этом магнитопровод должен быстро перемагничиваться, поэтому оптимальным для этого материалом являются высокочастотные ферриты.

Результаты работы получены при поддержке проекта № 2.7193.2017/8.9 «Разработка научных основ проектирования, идентификации и диагностики систем высокоточного позиционирования с применением методологии обратных задач электротехники», выполняемого в рамках базовой части государственного задания.

Список литературы

1. Васильев А.Н., Бучельников В.Д., Такаги Т. и др. Ферромагнетики с памятью формы // Успехи физических наук. 2003. Т. 173, № 7. С. 577-608.
2. Tickle R, James R.D. ,Magnetic and magnetomechanical properties of Ni₂ MnGa // Journal of Magnetism and Magnetic Materials 195 (1999) 627-638
3. Буль О.Б., "Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов: Магнитные цепи, поля и программа FEMM" – М.: Академия, 2005. – 336 с.
4. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Учебник для студентов энергетических и электротехнических вузов. М.: Высш. школа, 1973. – 752 с.
5. Кифер И. И. Испытания ферромагнитных материалов. – М.: Энергия, 1969. – 360 с.

УДК621.317.799

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ГАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА НА ОСНОВЕ ЛАЗЕРНОГО ДИОДА

Н.С. Легкопудов, e-mail:79198947558@yandex.ru,
Южный Федеральный университет, г. Ростов на Дону

В данной статье рассматривается конструкция газочувствительного прибора на основе лазерного диода. В приборе используется метод лазерной абсорбционной спектроскопии для обнаружения и измерения концентрации молекул аналита (H₂O, H₂S, CO₂, NH₃ и C₂H₂) в потоках технологических газов. Основными компонентами анализатора являются: оптическая головка, в которой размещен лазерный диод с термоэлектрическим охладителем и твердотельным детектором, ячейка для образца с зеркалом, расположенным на конце напротив лазера, входным и выходным соединениями для газа. Разрабатываемый прибор в перспективе имеет широкие возможности к применению его в медицине, металлургии, добыче сырья, транспортировки газов и т.д.

Ключевые слова: Газочувствительный прибор, полупроводниковый диод, анализ газов.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A GAS-ELECTING DEVICE BASED ON A LASER DIODE

N.S. Legkopudov

Southern Federal University, Rostov-on-Don

This article investigates the design of a gas-sensitive device based on a laser diode. This device utilize a laser absorption spectroscopy technique to detect and measure the concentration of analyte molecules (H₂O, H₂S, CO₂, NH₃, and C₂H₂) in process gas streams. The main components of the analyzer are: an optical head in which a laser diode with a thermoelectric cooler and a solid-state detector is placed, a sample cell with a mirror located at the end opposite the laser, inlet and outlet gas connections. The developed device in the future has ample opportunities for its application in medicine, metallurgy, raw materials extraction, gas transportation, etc.

Keywords: Gas-sensitive device, semiconductor diode, gas analysis.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема определения концентраций газов является безусловно актуальной для множества сфер человеческой деятельности - производстве и добыче сырья, в транспортировке природного газа, в медицине, в автомобилестроении, при соблюдении экологических стандартов, таких как определение загрязненности атмосферы и так далее.

TDLAS (Tunable diode laser absorption spectroscopy) - представляет собой метод измерения концентрации компонентов газовой смеси с использованием перестраиваемых диодных лазеров. Суть данной работы - исследование газочувствительного прибора на основе полупроводникового диода (TDLAS технология). Такой прибор может быть использован при построении систем, предназначенных для комплексного анализа состава газовых смесей. Технология TDLAS предоставляет возможность создания прибора с широким спектром настройки для выявления различных газов, в зависимости от конкретной задачи, какой не предоставляют такие распространенные методы, как парамагнитный или терромагнитный методы, имеет высокую точность определения доли газа в смеси [2], не требует частого обслуживания, как например электрохимические сенсоры; так же, учитывая последние достижения в производстве полупроводниковых лазерных диодов, их удешевления, становятся все более экономически привлекательными.

ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЗАДАЧИ

Исследовать физические основы функционирования газочувствительного прибора на основе лазерного диода, рассмотреть обобщенную принципиальную схему данного прибора.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Работа прибора основана на физическом принципе поглощения молекулами определенных газов монохроматического излучения, описанном в законе Ламберта-Бера, представленном ниже.

Закон Бугера — Ламберта — Бера (также просто закон Бугера) — физический закон, определяющий ослабление параллельного монохроматического пучка света при распространении его в поглощающей среде [3].

Иными словами - Молярную долю данного газа можно определить, измеряя интенсивности света, входящего и выходящего на определенную длину пути однородной газовой среды.

Абсорбция газа на частоте ν рассчитывается по следующей формуле [2]:

$$A(\nu) = \ln \frac{I_0(\nu)}{I(\nu)} = \ln \frac{1}{\tau}$$
$$\tau(\nu) = \frac{I(\nu)}{I_0(\nu)}$$
$$X = \frac{PS(T)L\varphi(\nu)}{A(\nu)}$$

где: $A(\nu)$ — поглощение на частоте ν , $I_0(\nu)$ — Интенсивность монохроматического света с частотой ν , входящей в образец, $I(\nu)$ — Интенсивность монохроматического света с частотой ν на выходе, $\tau(\nu)$ — Коэффициент передачи, X - Молекулярная фракция (концентрация) аналита, P - абсолютное давление, $S(T)$ - Интенсивность спектральной линии, зависящая от температуры, L - Длина пути абсорбции, $\varphi(\nu)$ — Коэффициент для нормализации формы пика поглощения.

Общая схемотехническая модель прибора представлена на рисунке 1[2]:

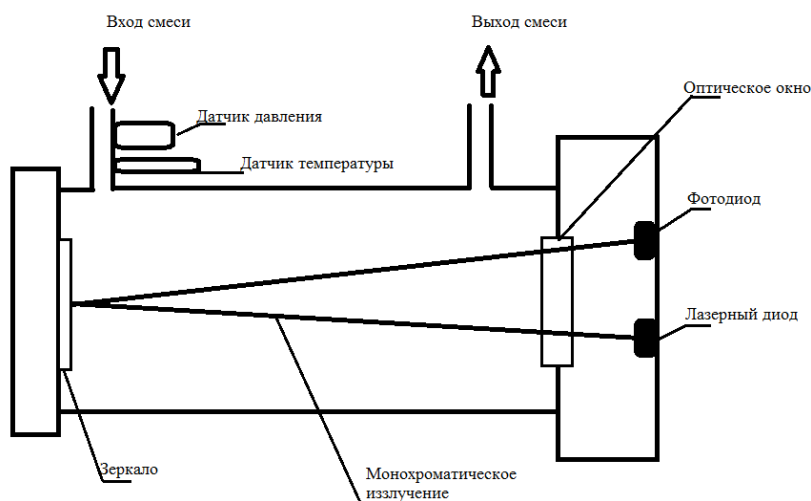


Рис. 1 - Простейшая схема прибора на основе TDLAS

Возможно изменение частоты диодного лазера путем изменения температуры или «тока впрыска». Монохроматическая частота также может быть модулирована. Типичные линии поглощения для различных газов приведены в таблице 1 [1].

Таблица 1

Длины волн, поглощаемые молекулами различных газов

Газ	Формула	Длина волны (нм)
Водяной пар	H ₂ O	1392
Аммиак	NH ₃	1512
Оксид углерода	CO	1560
Углекислый газ	CO ₂	2003
Метан	CH ₄	1654
Оксид азота	N ₂ O	1960
Соляная кислота	HCl	1730

ВЫВОДЫ

1. Разработка прибора на основе перестраиваемого лазерного диода является актуальной задачей для потребностей множества сегментов рынка.

2. В сравнении с другими приборами для анализа газов данный прибор может продемонстрировать ряд преимуществ, которые сделают его конкурентно способным на рынке газовых анализаторов.

3. Лазерные диоды продолжают совершенствоваться, что так же дает перспективы для развития приборов на их основе за счет удешевления компонентов и повышения их качественных характеристик.

Список цитируемой литературы

1. D. T. Cassidy and J. Reid, "Atmospheric pressure monitoring of trace gases using tunable diode lasers" Appl. Opt. 21(7), 1185–1190 (1982)
2. William M. Geiger, Mark W. Raynor, "Trace analysis of specialty and electronic gases", J. Wiley & Sons, Inc. 7.4.2 (2013)
3. Сивухин Д. В. § 89. Поглощение света и уширение спектральных линий // Общий курс физики. — М., 2005. — Т. IV. Оптика. — С. 582—583.

МЕТОД ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ РЕГИСТРАЦИИ И ОБРАБОТКИ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ОПТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЫ

И.А. Комиссаренко, e-mail: shamletos@gmail.com,

А.Н. Белов, e-mail: Belov.AN@tversu.ru

Тверской государственный университет (ТвГУ), г. Тверь

В данной работе представлены результаты разработки и экспериментальной реализации дифференциальной поляризационно-оптической микроскопии, позволяющей многократно повысить контраст магнитной доменной структуры, выявляемой с помощью магнитооптических эффектов Керра и Фарадея. Созданный программный модуль позволяет также корректировать недостатки изображений изучаемых объектов в режиме реального времени. В качестве инструмента разработки использовалась среда графического программирования LabVIEW.

METHOD OF DIFFERENTIAL REGISTRATION AND PROCESSING FOR POLARIZATION-OPTICAL IMAGES OF THE DOMAIN STRUCTURE

I.A. Komissarenko, A.N. Belov.

Tver state University (TSU), Tver

This work presents the results of development and experimental implementation for differential polarization-optical microscopy for increasing contrast of the magnetic domain structure detected by means Kerr and Faraday magneto-optical effects. The development software module allows to correct also shortcomings of images for the studied objects in real time. As a development tool was used the LabVIEW graphical programming environment.

Одним из актуальных и перспективных разделов материаловедения являются задачи магнитооптики – установление взаимосвязи между оптическими и магнитными свойствами материалов. Регистрация и анализ изображений магнитных доменов представляет собой отдельную непростую задачу. Основные трудности анализа связаны с низкой контрастностью магнитной доменной структуры, наличием шума в изображениях различной природы, осложняющего, а часто даже препятствующих регистрации доменов. Цель представленной работы – разработка программного модуля для регистрации и автоматизированной обработки поляризационно-оптических изображений доменной микроструктуры.

Подавляющее большинство магнитооптических явлений связано с расщеплением уровней энергии атома (снятие вырождения). Спецификой магнитооптических эффектов является то, что в магнитном поле, помимо обычной линейной оптической анизотропии, проявляющейся в среде под действием электрического поля или деформации, возникает циркулярная анизотропия, связанная с неэквивалентностью двух направлений вращения в плоскости перпендикулярной к полю. Это важное обстоятельство является следствием аксиальности магнитного поля. Расщепление спектральных линий влечет за собой соответствующее расщепление дисперсионных кривых, характеризующих зависимость показателя преломления среды от длины волны излучения. В результате при продольном распространении (по полю) показатель преломления для света с правой и левой круговыми поляризациями становятся различными (магнитное циркулярное двойное лучепреломление), а линейно поляризованный монохроматический свет, проходя через среду, испытывает вращение плоскости поляризации. Этот эффект носит название эффекта Фарадея [1]. Оптическая анизотропия среды в магнитном поле проявляется также и при отражении света от ее поверхности. При намагничивании среды происходит изменение поляризации отраженного света, характер и степень которой зависят от

взаимного расположения поверхности, плоскости поляризации падающего света и вектора намагниченности. Этот эффект наблюдается, в первую очередь, в ферромагнетиках и носит название магнитооптического эффекта Керра [1].

Стенд для проведения магнитооптических измерений в общем случае состоит из поляризационного микроскопа, системы соленоидальных катушек электромагнита, источником питания, низкочастотного генератора сигналов, устройства видеозахвата с обеспечивающими его работу драйверами и соответствующее программное обеспечение для анализа графической информации регистрируемых микроструктур. Однако, проведение измерений в режиме реального времени не позволяет регистрировать всю полезную информацию. Этому мешает шум, низкая контрастность. Пользователь не в состоянии визуально детектировать изображения доменов, что приводит к потере важной экспериментальной информации. Разрабатываемый программный модуль позволяет в режиме реального времени производить регистрацию, обработку, фильтрацию [2], сравнение двух изображений, сохранение полученных данных в специализированные файлы (в том числе в xml-формате). Вся обработка графических файлов происходит путем перебора всех пикселей изображения.

Программный модуль обладает следующими функциями:

1. Регистрация изображения;
2. Повышение контрастности магнитной доменной структуры;
3. Инверсия изображений;
4. Сравнение и наложение изображений по пикселям;
5. Наложение фильтров, для избавления от шума;
6. Сохранение изображений для дальнейшего анализа.

Математически его работа основывается на фильтрах: линейном, масочном, медианном [2]. Кратко суть алгоритма заключается в следующем:

1. Попиксельное сравнение двух черно-белых изображений (рисунков с соответствующей градацией яркости) магнитной доменной структуры;
2. Инверсия одного из изображений;
3. Наложение изображений друг на друга.

В результате выполнения указанного алгоритма мы получаем четкое, контрастное изображение магнитной доменной структуры. Отметим также, что при этом появляются изображения микроструктур, представляющие интерес для дополнительного исследования, теряемые ранее при отсутствии указанного выше подхода.

В настоящий момент разработанный алгоритм для программного модуля реализуется в среде графического программирования LabVIEW [3] - эффективного и часто используемого средства разработки для программно-аппаратных комплексов.

Список цитируемой литературы

1. Протасов Е.А. Основы магнитооптики: Учебное пособие. – М.: НИЯУ МИФИ, 2009. - 120с.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений/ Вудс Р. - Москва: Техносфера, 2012. – 1104 с.
3. Официальный сайт производителя LabVIEW [Электронный ресурс], Режим доступа: - <http://www.ni.com/ru-ru.html>

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДИСТАНЦИОННОГО
МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТИ 3G ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**

А.Р. Сагутдинов, e-mail: sag-azat@ya.ru, М.В. Волостнов, e-mail: volostnov.maksim@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ» (КНИТУ-КАИ) Чистопольский филиал «Восток»

В данной статье рассматривается разработка программно-аппаратного комплекса для удаленного контроля и управления микроклиматом для использования в сельском хозяйстве и агропромышленном комплексе.

Автоматизация управления микроклиматом в тепличном овощеводстве является одной из эффективных мер, позволяющих снижать потребляемые энергоресурсы и повышать предсказуемость результата в процессе производства продукции, повышать качество продукции и снижать её себестоимость.

Программно-аппаратный комплекс позволяет решить проблему удаленного мониторинга различных параметров микроклимата. Кроме того, устройство позволяет дистанционно следить за состоянием электроприборов и управлять ими.

Новизна созданного решения заключается в новых применениях известных решений или методов, разработке устройств и способов на уровне изобретений и полезных моделей.

**SOFTWARE AND HARDWARE FOR REMOTE MONITORING AND
CONTROL OF MICROCLIMATE USING THE 3G NETWORK TO
TRANSMIT INFORMATION**

A.R. Sagutdinov, M.V. Volostnov

Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev - KAI
Chistopol branch «Vostok»

This article discusses the development of a hardware-software complex for remote control and climate control for use in agriculture and the agro-industrial complex.

Automation of climate control in the greenhouse industry is one of the effective measures that reduce energy consumed and increase the predictability of results in the process of production, improve product quality and reduce its cost.

Hardware-software complex allows to solve the problem of remote monitoring of various parameters of the microclimate. In addition, the device allows you to remotely monitor the status of appliances and to control them.

The novelty of the developed solution lies in new applications of known solutions or methods, development of devices and methods at the level of inventions and utility models.

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

*С.Р. Урунов, e-mail: salavat4you@gmail.com, П.В. Романов,
e-mail: pavel-romanov-91@mail.ru. М.А. Лемешко, e-mail: Lem-mikhail@ya.ru*

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ,
г. Шахты

В данной статье приведены сведения о методике измерений и роботизированном стенде, позволяющего выполнять исследование работы компрессионной холодильной машины в полу-автоматическом режиме. Приведены описание конструкции стенда и алгоритм программного выполнения исследований. Программно можно изменять условия измерений и длительность отдельных опытов без непосредственного участия оператора.

Ключевые слова: малые холодильные машины, стенд, исследования, алгоритм, датчики, контроллер, техническое состояние, теплоэнергетические характеристики, холодильный агрегат и его подсистемы.

THE ROBOTIC STAND FOR RESEARCH OF THE TECHNICAL STATE OF SMALL REFRIGERATING MACHINES

S.R. Urunov, P.V. Romanov, M.A. Lemeshko

Institute of the service sector and Businesses (branch) Don State Technical University,
Shakhty

This article provides information about the method of measurement and robotic stand, which allows to perform a study of the compression refrigeration machine in semi-automatic mode. The description of the stand design and the algorithm of the research program are given. It is possible to change measurement conditions and duration of individual experiments without direct operator participation.

Key words: small refrigerating machine, a robotic stand, measure, algorithm, sensors, controller, maintenance, thermal characteristics, cooling unit and its subsystems

Совершенствование малых холодильных машин, в том числе бытовых компрессионных холодильников, должно обеспечиваться надежным и эффективным комплексом измерительного и регистрирующего оборудования, а также путем применения новых подходов к методике и организации проведения экспериментальных исследований. Одним из таких подходов является создание роботизированных исследовательских комплексов. Авторами на примере автоматизированного исследовательского стенда показан вариант решения исследовательских задач, когда исследователь составляет программу измерений, включая программу варьирования условий проведения экспериментов, и длительные испытания с регистрацией результатов измерений выполняются в автоматическом режиме без участия оператора - исследователя.

Необходимость в разработке и применении роботизированных исследовательских комплексов обоснована появлением новых оригинальных методов диагностики технического состояния малых холодильных машин [1,2]; а также разработками, посвященными модернизации малых холодильных машин с использованием не традиционных методов повышения их энергетической эффективности [3,4]. Для разработки методов оценки технического состояния холодильной техники, в том числе для оценки технического состояния малых холодильных машин компрессионного типа, необходимы исследования относительно сложных многофакторных теплообменных и массообменных процессов. При модернизации холодильных машин необходима оценка подсистем холодильного агрегата при изменяемых условиях его функционирования.

Создание роботизированных стендов должно базироваться на глубоком понимании основных и не основных, но влияющих на результат, физических процессов. В этот и заключается научная значимость разрабатываемого авторами подхода.

Традиционно с этой целью используются стенды и методики исследований холодильных машин в стационарных условиях по ГОСТ Р МЭК 62552-2011 [5].

Например, известен метод определения отклонений от нормального функционирования бытового прибора, к которым относятся и бытовые холодильники, по измерению напряжений на различных подсистемах этого прибора [6].

Однако, следует учитывать то, что основными интегральными характеристиками работы холодильной машины является её удельное энергопотребление и стабильность температур в камерах. В приведенном выше методе эта задача не решается.

Известен также метод оценки технического состояния холодильника с использованием переносного измерительного прибора [7]. Недостатком такого метода является то, что при определении технического состояния испытываемого холодильника этим прибором не учитывается воздействие температуры окружающего воздуха, которая влияет на основные интегральные характеристики работы холодильной машины.

Для определения технического состояния компрессионных холодильников используются также методы с использованием теплоизолированной камеры. Например, метод, реализуемый в стенде для испытания герметичного холодильного агрегата [8]. В стенде реализованы подходы по анализу технического состояния компрессионного холодильника в целом [9] и его отдельных подсистем [10].

Недостатком рассмотренного стенда, в котором используется калориметр и теплоизолированная камера, является громоздкость стенда, длительность испытаний, ручное управление процессом измерений путем вращения вентиля, снятие показаний по шкальным манометрам и термометрам, а так же то, что измерения имеют относительно высокую погрешность.

Авторами разработан стенд для исследования теплоэнергетических характеристик малой холодильной машины. Этот стенд, включающий теплоизолированную камеру, блок изменения температуры в теплоизолированной камере, группу датчиков для измерения показателей работы холодильной машины, блок изменения условий испытаний и поддержания их стабильных значений. Алгоритм работы этого стенда может быть использован при многоплановых исследованиях холодильной машины, когда автоматически изменяются и поддерживаются стабильными условия испытаний.

Сущность разработки поясняется схемой стенда, приведенной на рисунке 1.

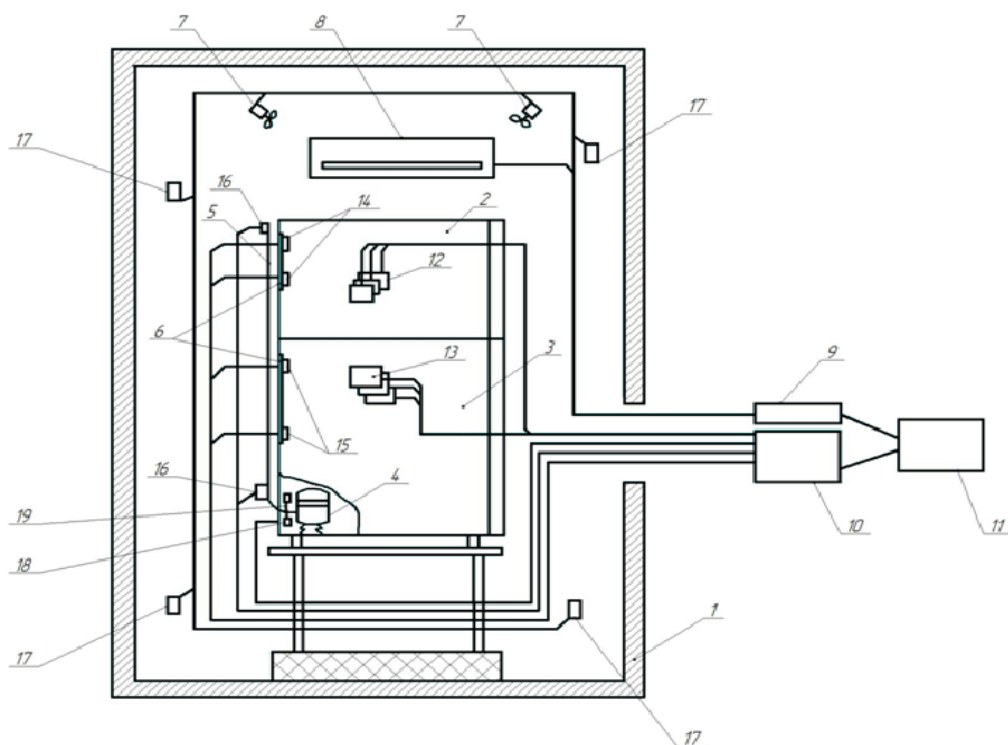


Рис. 1 – Схема стенда

Стенд состоит из теплоизолированной камеры 1, исследуемого холодильника, имеющего две камеры – низкотемпературную камеру 2 и камеру охлаждения 3; компрессора 4, конденсатора 5, испарителя 6, тепловых генераторов 7, кондиционера 8; блока программного изменения температуры 9 в теплоизолированной камере, блока планирования и выполнения измерений 10. Основным блоком стенда является контроллер управления процессом измерений 11, к которому подключены кабельные линии датчиков 12,13,14,15,16,18,19 и блока планирования и выполнения измерений, кабельные линии от датчиков температуры 17, и линии управления тепловыми генераторами, кондиционером и блоком программного изменения температуры в теплоизолированной камере.

В стенде предусмотрено также использование других измерительных датчиков, например, устройства для измерения влажности в камерах холодильника, и/или для измерения шумовых характеристик компрессора.

Сущность разработанного метода заключается в следующем:

Малая холодильная машина помещается в теплоизолированную камеру с соблюдением условий испытаний согласно ГОСТ Р МЭК 62552-2011, датчики температуры, датчики давления, датчики потребляемой мощности размещаются в исследуемых камерах и подсистемах исследуемой холодильной машины.

Выполняется программирование плана измерений: программируется список температур ($t_{\text{кам}}^n$, где $n = 1, 2, 3, \dots$) в теплоизолированной камере, при которых автоматически будут выполняться измерения показателей работы холодильной машины, например, $t_{\text{кам}}^1 = 25^\circ\text{C}$, $t_{\text{кам}}^2 = 30^\circ\text{C}$, $t_{\text{кам}}^3 = 32^\circ\text{C}$, $t_{\text{кам}}^4 = 38^\circ\text{C}$.

После подготовительных операций выполняется включение стенда, далее он работает в автоматическом режиме. Вначале, устанавливается первое значение температуры $t_{\text{кам}}^1$ воздуха в теплоизолированной камере. Это обеспечивается автономным управлением работой тепловых генераторов и кондиционера.

Затем выполняются настройка и регистрация установившегося режима работы холодильного агрегата, и выполняются измерения, регистрация результатов измерений при первом значении температуры воздуха $t_{\text{кам}}^1$ в теплоизолированной камере. Результаты измерений с групп датчиков протоколируется в энергонезависимой памяти контроллера в реальном времени (с указанием даты, времени и сопроводительных записей). Затем в теплоизолированной камере автоматически устанавливается следующее значение температуры воздуха $t_{\text{кам}}^2$ из запрограммированного списка температур ($t_{\text{кам}}^n$) и вновь последовательно выполняются настройка и регистрация установившегося режима работы холодильной машины. При этом выполняются измерения, регистрация результатов измерений при втором значении температуры воздуха $t_{\text{кам}}^2$. Далее процесс повторяется до завершения запрограммированного списка температур ($t_{\text{кам}}^n$) при которых необходимо произвести измерения.

Аналогично описанному алгоритму, программой контроллера управления процессом измерений, выполняется установка других заданных условий испытаний регистрация результатов измерений для каждого запрограммированного значения температуры воздуха ($t_{\text{кам}}^n$) в теплоизолированной камере. После этого выполняется команда «стоп» с выключением стенда. Результаты измерений могут быть получены из памяти контроллера для дальнейшей обработки и анализа.

Таким образом, в стенде в автоматическом режиме, программно изменяются условия испытаний без непосредственного участия оператора. Это важно, например, когда исследования холодильника выполняются при относительно высоких температурах $t_{\text{кам}}^n$ (38-43 °С) в теплоизолированной камере, когда стабильность показателей ее работы, определяется через 18 – 23 часов непрерывной работы компрессора.

ВЫВОДЫ

Таким образом, сущность разработанного стенда заключается в организации автоматизированного метода проведения исследований компрессионной холодильной машины. При этом стенд обеспечивает:

- автоматическое установление температур в теплоизолированной камере;
- автоматическое поддержание «установившийся» режима работы холодильника;
- программное изменение температуры в теплоизолированной камере, согласно плана исследований.

Список используемых источников

1. Лемешко М.А. Способ определения технического состояния компрессионного холодильника по режиму работы компрессора // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур материалы международной научно-практической конференции – пос. Персиановский: ДонГАУ, 2015. – С. 339-344
2. Кожемяченко А.В., Лемешко М.А., Рукасевич В.В. Диагностирование технического состояния бытовых холодильных приборов / Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. - 2012. - № 4. - С. 110-114.
3. Лемешко М.А., Кожемяченко А.В., Урунов С.Р. Бытовой холодильник с подвижным конденсатором / Патент на изобретение RUS 2570533, 29.12.2014;
4. Кожемяченко А.В., Лемешко М.А., и др. Снижение энергопотребления бытового холодильного прибора путем интенсификации охлаждения конденсатора/ Инженерный вестник Дона. 2013. Т. 24. № 1 (24). -С. 60-64.
5. Приборы бытовые холодильные. Характеристики и методы испытаний: ГОСТ Р МЭК 62552 – 2011. – Введ. 06 – 06 – 2011. – М.: Стандартинформ, 2012. – 63 с.

6. Заявка №2005121143/28 от 26.01.2000. Диагностическая система для бытовых электроприборов / Бош унд Сименс Хаусгерет.
7. Лепаев Д.А. Ремонт бытовых холодильников, М. Легпромбытиздат, 1989, с. 255-258.
8. Кожемяченко А.В., Лемешко М.А. и др. Определение предельно допустимых значений энергетических показателей качества бытовых компрессионных холодильных приборов./Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. - 2013. - №6 (175). - С. 132-137.
9. Пат. № 2480686 Российская Федерация, МПК F25B49/02, G01M15/00 от 19.07.2011 г. Способ определения технического состояния бытового холодильного прибора / Лемешко М.А., Кожемяченко А.В. и др. Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС». –№ 2011129993/06, заяв. 19.07.2011; опубл. 27.01.2013 г.
10. Лемешко М.А. Способ локального определения технического состояния компрессионного бытового холодильного прибора / Лемешко М.А. и др. // Инженерный вестник Дона. – 2013. – Т. 25. № 2 (25). – С. 49.

© С.Р. Урунов, П.В. Романов, М.А. Лемешко 2018

УДК 621.565; 621.3.019.3

МЕТОД ДИАГНОСТИКИ КОМПРЕССИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

С.Р. Урунов, e-mail: salavat4you@gmail.com,

М.А. Лемешко, e-mail: Lem-mikhail@ya.ru

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ в г. Шахты

В статье изложен метода оценки технического состояния компрессионной холодильной машины с использованием ИТ –технологий. Метод заключается в измерении теплоэнергетических показателей работы подсистем холодильной машины и выявление отклонений этих показателей от нормированных значений. Метод реализуется с использованием контроллера и алгоритма измерений.

Ключевые слова: метод диагностики малая холодильная машина, измерения, вычисления, контроллер, алгоритм, эксплуатационные факторы

METHOD OF DIAGNOSIS THE COMPRESSION REFRIGERATING MACHINE

S.R. Urunov, M.A. Lemeshko

Institute of the service sector and Businesses (branch) Don State Technical University,
Shakhty, Rostov Region

The article presents a method for assessing the technical condition of the compression refrigeration machine using IT-technologies. The method involves measuring the thermal power performance of the subsystems of the refrigeration machine and the detection of the deviation of these parameters from the normalized value. The method is implemented using a controller and measurement algorithm.

Key words: method of diagnosis a small refrigerating machine, measurement, calculation, controller, algorithm, performance factors

Введение. Известно, что техническое состояние холодильной машины после определенного периода эксплуатации можно определить сравнением её эксплуатационных показателей до и после этого периода [1]. Оценку технического состояния холодильной машины за любой промежуток времени её эксплуатации можно также сделать сравнивая эталонные (паспортные) значения эксплуатационных показателей с фактическими значениями этих показателей после определенного периода эксплуатации [2].

В качестве показателя технического состояния холодильной машины используют или стабильность температур в камерах и/или удельное (суточное или годовое) энергопотребление или иной показатель, зависящий от исправности всех подсистем холодильной машины. Однако использование любого показателя или критерия оценки технического состояния затруднено влиянием условий выполнения измерений, которые вносят погрешность при анализе установленных изменений. Очевидна необходимость разработки методов оценки технического состояния малых холодильных машин с учетом эксплуатационных факторов.

Актуальность. Весьма большой парк работающих малых холодильных машин обуславливает актуальность вопроса по контролю над техническим состоянием этих машин в период эксплуатации [3]. Именно своевременное выявление существенного ухудшения теплоэнергетических характеристик позволит минимизировать длительность работы этих машин с завышенным энергопотреблением и с нарушенными температурными режимами в камерах охлаждения.

Современные малые компрессионные холодильные машины не оснащаются средствами самодиагностики и средствами информирования пользователя об ухудшении их эксплуатационных показателей. В тоже время, исследования [4,5] показали существенное влияние на эти показатели условий и времени эксплуатации. Со временем теплоэнергетические характеристики холодильной машины могут изменяться и приводить как к нарушениям тепловых режимов хранения в них продуктов, так и существенному увеличению энергопотребления [6].

Теплофизические процессы в малых холодильных машинах переменны и зависят от ряда факторов, обусловленных условиями их эксплуатации. Энергопотребление и температурные режимы в камерах холодильника зависят не только от конструкции холодильной машины, от технического состояния ее подсистем [7] и технического состояния в целом, но и от ряда факторов, которые определяются условиями её эксплуатации [8,9].

Результаты. В таблице 1 приведены результаты систематизации эксплуатационных факторов, влияющих на показатели технического состояния малой холодильной машины.

Условия функционирования холодильной машины существенно влияют на ее текущие теплоэнергетические показатели. Из анализа данных таблицы 1 следует, что при неизменном техническом состоянии холодильника его теплоэнергетические показатели существенно зависят от внешних факторов, которые варьируются в большом диапазоне.

Нами разработан новый метод текущего контроля над изменением теплоэнергетических характеристик компрессионного холодильника в период эксплуатации, без изъятия холодильника для исследований на специализированных стендах.

Сущность разработанного метода заключается в измерении потребляемой мощности компрессором и температур в камерах холодильника до начала его эксплуатации и через регламентируемый промежуток времени работы холодильной машины после эксплуатации. При этом выполняется сравнение результатов измерений систематически через устанавливаемые периоды его эксплуатации при одинаковых температурах окружающего воздуха [10, 11].

Согласно разработанному алгоритму, программно сравниваются показатели в начале эксплуатации с показателями работы холодильника с такими же показателями после определенного периода эксплуатации малой холодильной машины, для

идентичных условий функционирования. Далее выполняется сравнение показателей и выявление отклонений или установления их идентичности [12].

Таблица 1

Условия эксплуатации, влияющие на теплоэнергетические показатели малой холодильной машины

Условия эксплуатации.		
Эксплуатационные факторы		Изменение показателей
1.	Температура окружающего воздуха.	Температурный уровень и энергопотребление.
2.	Выполнения норм размещения холодильного шкафа. Степень удаленности шкафа от стен. (Встроенные холодильники). Размещение холодильника в нише, в углу и др.	Энергопотребление
3.	Циркуляция воздуха, вокруг холодильного шкафа.	Энергопотребление
4.	Настройка терморегулятора в камерах.	Температурный уровень и диапазон варьирования
5.	Стабильность питающего напряжения.	Ресурс и надежность работы,
Действия пользователя.		
6.	Степень заполнения камер продуктами и диапазон ее варьирования.	Удельное энергопотребление
7.	Частота открывания и закрывания дверей камер.	Энергопотребление и ресурс работы
8.	Ассортимент продуктов, помещаемых в камеру для охлаждения, его форма, температура и др.	Удельное энергопотребление
9.	Время нахождения дверей камер в открытом состоянии при поиске и извлечении нужных продуктов.	Энергопотребление
10.	Частота размещения и извлечения продуктов в камеры.	Энергопотребление
Характеристики продуктов.		
11.	Объем, энтальпия и влажность (влагосодержание) продуктов, размещаемых в шкафу.	Энергопотребление
12.	Тип и характеристика упаковки продуктов.	Энергопотребление

Обсуждение. Метод включает выполнение измерений в нормативных условиях испытания малой холодильной машины, которые зависят от его класса и модели; при номинальных значениях температуры окружающей среды.

Перед началом эксплуатации холодильника измеряются показатели работы холодильника, определяющие его интегральные теплоэнергетические показатели.

Используя результаты измерений, вычисляется эталонный (базовый) показатель энергетической эффективности, как базовая оценка его технического состояния перед началом эксплуатации.

Метод включает запись (регистрацию) этих показателей, а по истечению нормированного периода эксплуатации, выполняются последующие проверочные измерения этих же характеристик и вычисляются эти же показатели, которые сравниваются с базовыми. По сходимости или расхождению этих показателей оцениваются теплоэнергетические характеристики всего холодильного прибора. При этом для записи результатов измерений характеристик, вычисления показателей технического состояния, выполнения операций сравнения и управления подпрограммами по обеспечению нормированных условий измерений, используется контроллер системы управления холодильником.

Энергетические показатели работы холодильника могут быть оценены по индексу его энергетической эффективности, который вычисляется по формуле:

$$I = \frac{E_{\text{факт}}}{E_{\text{станд}}} 100\%,$$

где $E_{\text{факт}}$ - фактическое годовое потребление электроэнергии холодильником, кВт·ч; $E_{\text{станд}}$ - стандартное годовое потребление для холодильника данной категории, определяемое при испытаниях эталонного (нового) до периода его эксплуатации, или значение годового потребления, которое указывается производителем в паспорте на изделие, кВт·ч.

Фактическое суточное энергопотребление определяется согласно требованиям ГОСТ 30204-95 [13] при температуре окружающей среды плюс 25°C.

На рисунке 1 приведен пример алгоритма, реализующего разработанный метод. Алгоритм можно представить несколькими этапами процесса измерений.

Первым этапом определения теплоэнергетических характеристик является создание нормативных условий испытания холодильной машины. Согласно ГОСТ 16317-87 и ГОСТ 30204-95, создаются условия испытания нового изделия, которые включают поддержание температуры окружающего воздуха плюс 25°C, работу холодильника без загрузки продуктами или имитаторами продуктов, без открывания дверей холодильного шкафа.

Вторым этапом является измерение опорных (эталонных) теплоэнергетических характеристик технического состояния холодильника.

Третьим этапом диагностирования является запись измеренных характеристик в энергонезависимую память контролера системы управления в соответствующие адресные ячейки памяти с возможностью считывания содержания ячеек и выполнения вычислений оценочных показателей.

Четвертым этапом является включение таймера регламентируемого периода эксплуатации холодильной машины. Таким периодом может быть месяц, и/или полгода и/или год. По истечению установленного периода эксплуатации выполняется пятый этап измерений, который заключается в создании регламентированных условий испытания, аналогичных условиям первого этапа.

При этом результаты контрольного измерения теплоэнергетических характеристик и показателей размещаются в память контроллера системы управления, во вторую группу ячеек, соответственно с размещением значений измерений на третьем этапе.

Шестой этап включает сравнение теплоэнергетических показателей технического состояния подсистем холодильника, используя записи их значений из первой группы ячеек памяти и второй группы ячеек памяти, соответственно с наименованием оцениваемых параметров.

Седьмой этап заключается в выводе на индикатор результатов измерений базового (эталонного значения) и контрольных значений теплоэнергетических характеристик технического состояния холодильника; выявление критических отклонений и включения индикации о предаварийном состоянии на панели контроллера, или включение аварийной сигнализации. Возможно также дистанционное информирование сервисного центра о критическом состоянии конкретной холодильной машины или группы таких машин.

1. Факторы, влияющие на теплоэнергетические характеристики малой холодильной машины, многообразны и необязательно связаны с изменением ее технического состояния.

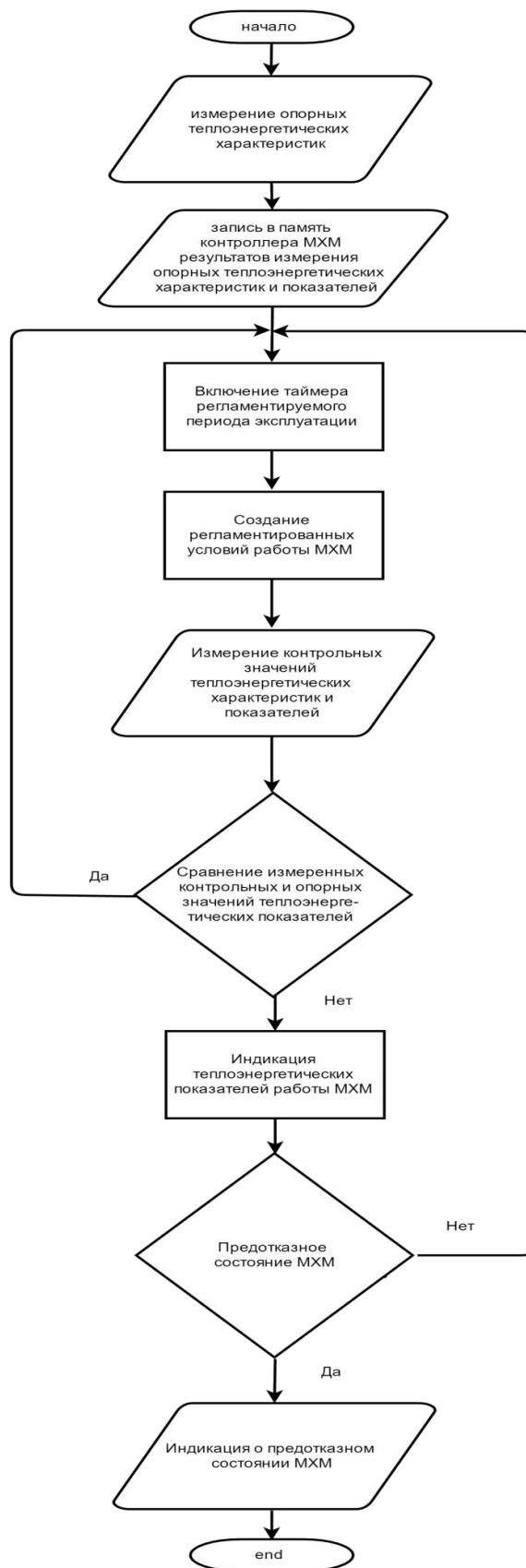


Рис. 1 - Алгоритм разработанного метода диагностирования технического состояния холодильной машины

Выводы

2. При оценке технического состояния холодильной машины необходимо минимизировать влияние внешних факторов не связанных с изменением характеристик в работе холодильного агрегата.

3. Предложен новый алгоритм метода оценки теплоэнергетических характеристик малой холодильной машины в период ее эксплуатации.

Список используемых источников

1. Кожемяченко А.В., Лемешко М.А., и др. Теоретический анализ влияния эксплуатационных факторов на работоспособность герметичных агрегатов холодильных машин. / Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2015. № 6 (360). С. 164-170
2. Лемешко М.А., Кожемяченко А.В., Урунов С.Р. Алгоритм мониторинга технического состояния компрессионного холодильника. / В сборнике: Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур материалы международной научно-практической конференции. 2015. С. 360-364
3. Кожемяченко А.В., Лемешко М.А. Обеспечение требуемого технического состояния бытовых холодильных приборов на этапе технической эксплуатации. / В книге: Вопросы. Гипотезы. Ответы: Наука XXI ВЕКА Коллективная монография. Краснодар, 2014. С. 258-276
4. Кожемяченко А.В., Лемешко М.А., Рукасевич В.В. Диагностирование технического состояния бытовых холодильных приборов. / Известия высших учебных заведений. Северо-кавказский регион. Серия: Технические науки. 2012. № 4. С. 110-114
5. Лемешко М.А. Способ определения технического состояния компрессионного холодильника по режиму работы компрессора. В сборнике: Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур материалы международной научно-практической конференции. 2015. С. 339-344.
6. Кожемяченко А.В., Фомин Ю.Г., Лемешко М.А., Новиков А.В., Туцкая Т.П. Теоретическое определение диагностических параметров технического состояния дросселей компрессионных холодильных машин. / Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2016. № 2 (362). С. 173-178
7. Кожемяченко А.В., Лемешко М.А., Новиков А.В. Исследование работоспособности фильтрующих элементов фильтр-осушителей бытовых холодильных приборов. Техничко-технологические проблемы сервиса. 2014. № 4 (30). С. 8-13
8. Кожемяченко А.В., Лемешко М.А., Урунов С.Р. Анализ влияния эксплуатационных факторов на техническое состояние бытовых холодильных приборов. / Техничко-технологические проблемы сервиса. 2015. № 4 (34). С. 55-62
9. Лемешко М.А., Кожемяченко А.В., Урунов С.Р., Колесникова А.Н. Эксплуатационная надежность компрессионных холодильников. / В сборнике: Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур материалы международной научно-практической конференции. 2015. С. 356-360
10. Патент РФ № 2480686, 27.04.2013. Способ определения технического состояния бытового холодильного прибора
11. Патент РФ № 2525058, 10.08.2014. Способ определения технического состояния компрессионного бытового холодильного прибора
12. ГОСТ 16317-87. ГОСТ 16317-87 Приборы холодильные электрические бытовые. Общие технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3)
13. ГОСТ 30204-95 ГОСТ 30204-95 Приборы холодильные бытовые. Эксплуатационные характеристики и методы испытаний.

Секция 2

Фундаментальные основы, теория, методы и средства контроля и диагностики сложных технических систем

УДК 621.318.122.001.41

ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ НАМАГНИЧИВАЮЩИХ СИСТЕМ ПРЯМОТОЧНОГО ТИПА

М.В. Ланкин, e-mail:delete@novoch.ru, А.О. Шепелева, И.А. Стеценко

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Разработаны и исследованы намагничивающие системы нового типа с электромагнитной подачей, позволяющие автоматизировать процесс измерения и способные с высокой производительностью осуществлять транспортировку, ориентацию, установку с заданной погрешностью в измерительную позицию и перемагничивание испытуемых изделий. Предложены математическая модель и методика их оптимального проектирования, основанная на нахождении множества эффективных (Парето-оптимальных) решений путем зондирования пространства управляемых параметров с помощью LP_r -последовательностей.

Разработаны и внедрены в составе устройств испытаний намагничивающие системы прямоточного типа с электромагнитной подачей испытуемых изделий, отличающиеся простотой конструкции, высокой надежностью работы в цеховых условиях, способностью ориентировать изделия по линии магнитной текстуры, устанавливать их с высокой точностью в измерительную позицию и осуществлять смену испытуемых изделий с производительностью до 1800 изделий за час.

BASES OF CONSTRUCTION OF MAGNETIC SYSTEMS OF DIRECT TYPE

M.V.Lankin, A.O. Shepeleva, I.A. Stetsenko

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

Developed and investigated magnetizing systems of a new type with electromagnetic feeding, allowing to automate the measurement process and capable of carrying out transportation, orientation, installation with a specified error to the measuring position and magnetization reversal of the tested products with high efficiency. A mathematical model and a technique for their optimal design based on finding a set of effective (Pareto-optimal) solutions by probing the space of controllable parameters with the help of LP_r -sequences are proposed.

Designed and introduced into the testing devices are magnetizing systems of a direct-flow type with electromagnetic feeding of tested products, characterized by simplicity of design, high reliability of work in shop conditions, ability to orient products along the magnetic texture line, to establish them with high accuracy in the measuring position and to change the tested products with productivity up to 1800 products per hour.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ КАЧЕСТВА РАДИОПОКРЫТИЯ В ЗОНАХ ОБСЛУЖИВАНИЯ АБОНЕНТОВ ШИРОКОПОЛОСНОГО РАДИОДОСТУПА

Р.В.Стукалов, e-mail: *stukroma@yandex.ru*, ***Д.Ю.Черников***, e-mail: *dchernikov@sfu-kras.ru*, ***К.В.Тарбазанов***, e-mail: *tarbazanov@24profi.ru*

Сибирский федеральный университет (СФУ), г. Красноярск

В статье предлагается и рассматривается технология визуализации качества радиопокрытия в зонах обслуживания абонентов, которые используют для получения мультисервисных телекоммуникационных услуг системы широкополосного радиодоступа McWiLL® в диапазоне 340 МГц. Качество радиопокрытия оценивается на основе измерений интенсивности сигнала и отношения сигнал/шум. Для решения задачи визуализации разработано специализированное программное обеспечение (ПО), которое позволяет в оперативном режиме оценивать качество радиопокрытия сети, на заданной территории. Для сбора измерительной информации о качественных характеристиках радиопокрытия сети широкополосного радиодоступа используются абонентские терминалы MT359 производства Xinwei Group, что позволяет использовать полученные измерения качества радиопокрытия для оценки возможности получения каждой из мультисервисных услуг реальными абонентами в конкретных точках сети.

Для визуализации качества радиопокрытия, в качестве картографической подложки использовано ПО Google Планета Земля, что позволяет детально рассматривать проблемные места радиопокрытия, хранить и обрабатывать полученные данные. Приведены и анализируются результаты практических экспериментов по оценке качества радиопокрытия для сети McWiLL® на территории г. Красноярска и ближайших окрестностях.

VISUALIZATION OF MEASUREMENTS OF QUALITY OF THE RADIO COVERING IN ZONES OF SERVICE OF SUBSCRIBERS OF THE BROADBAND RADIO ACCESS

P.V.Stukalov, D.U.Chernikov, K.V.Tarbazanov,

Siberian Federal University (SFU), Krasnoyarsk

In this article the technology of visualization of quality of a radio covering in zones of service of subscribers who use for receiving the multiservisykh of telecommunication services of system of a broadband radio access of McWiLL® in the range 340 MHz is offered and considered. The quality of a radio covering is estimated on the basis of measurements of signal strength and the relation signal/noise. The specialized software (S) which allows to estimate in a foreground mode quality of a radio covering of a network, in the given territory is developed for the decision of the task of visualization. For collection of measuring information on qualitative characteristics of a radio covering of a network of a broadband radio access the exchange service stations MT359 of production Xinwei Group are used that allows to use the received measurements of quality of a radio covering for assessment of a possibility of receiving each of multiservices by real subscribers in specific points of a network.

For visualization of quality of a radio covering, as a cartographical substrate it is used by a software of the Google Mother Earth that allows to consider in details problem places of a radio covering, to store and process data retrieved. Results of practical experiments according to quality of a radiopokryta for the McWiLL® network in the territory of Krasnoyarsk are brought and are analyzed and the next neighborhoods.

Итоговую оценку качества радиопокрытия территории при развертывании большинства современных систем связи с подвижными объектами принято проводить на основе измерительных экспериментов, которые выполняются с использованием специализированного оборудования приема и обработки сигналов [1]. При этом современные системы наряду с услугами голосовой связи средствами радиосвязи обеспечивают передачу и потока данных и видеоданные. Для органи-

зации качественного предоставления столь разнородных услуг чрезвычайно востребованными являются результаты измерительных экспериментов, проводимых с реальным абонентским оборудованием, используемым в качестве оборудования приема и обработки сигналов.

В работе предпринята попытка отображения качества радиопокрытия системы радиодоступа McWiLL (Multicarrier Wireless internet Local Loop) [2] и GSM (Global System for Mobile Communications), по результатам измерений, выполненных с помощью абонентского оборудования системы радиодоступа, измерения проводились с борта подвижного объекта.

В процессе измерения, на компьютере (для системы GSM на смартфоне) формировался txt-файл, с данными о времени измерения, величине интенсивности сигнала, отношению сигнал/шум, данными о местоположении в системе GPS и другими. Оценка качества радиопокрытия может проводится по одному из двух параметров – отношению сигнал/шум или величине интенсивности сигнала.

Основное окно разработанной программы представлено на рисунке 1. Для оценки качества радиопокрытия системы радиосвязи разработана программа, которая формирует из txt-файла с данными – kml-файл. Для работы программы нужно выбрать txt-файл с параметрами системы радиосвязи, выбрать по какому параметру системы будет проводиться оценка качества радиопокрытия (сигнал/шум или интенсивность сигнала), а также задать имя и расположение kml-файла.

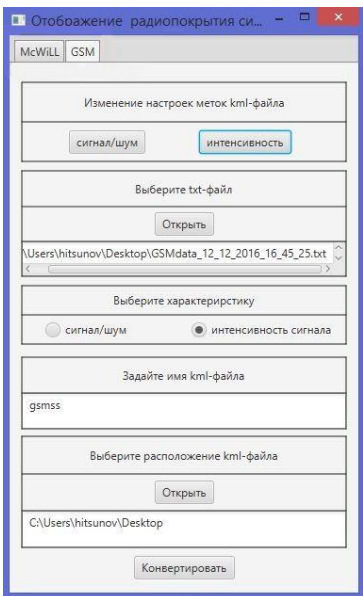


Рис. 1. Главное окно программы

В главном окне две вкладки – McWiLL и GSM, далее описана работа в программе и оценка качества радиопокрытия для сети McWiLL, работа с сетями GSM будет описана в конце статьи. В качестве дополнительных параметров можно определить границы цветов для параметров системы радиосвязи.

Отображение качества радиопокрытия вдоль траектории перемещения объекта с установленным измерительным комплексом можно просмотреть, например, в программе Google Earth [2].

На рисунке 2 представлен маршрут измерительного комплекса, с метками различного цвета, для величины интенсивности сигнала, и легенда карты, для объекта, который двигался по территории города Красноярск 24.07.2016.

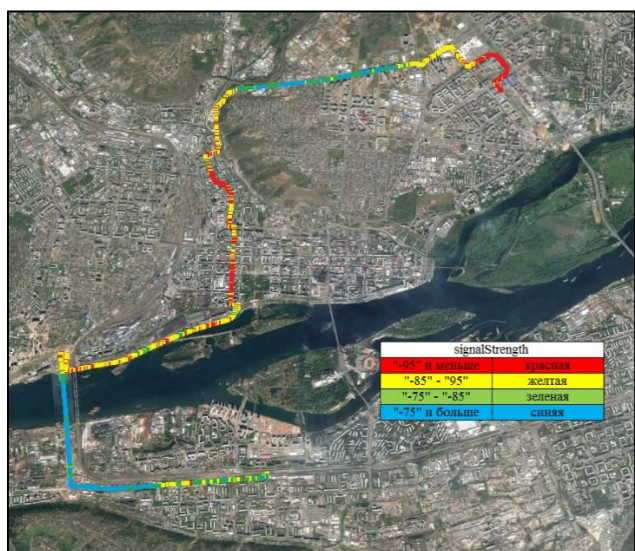


Рис. 2. Карта радиопокрытия системы радиосвязи для величины интенсивности сигнала

На рисунке 3 представлен маршрут измерительного комплекса, с метками различного цвета, для отношения сигнал/шум, и легенда карты.

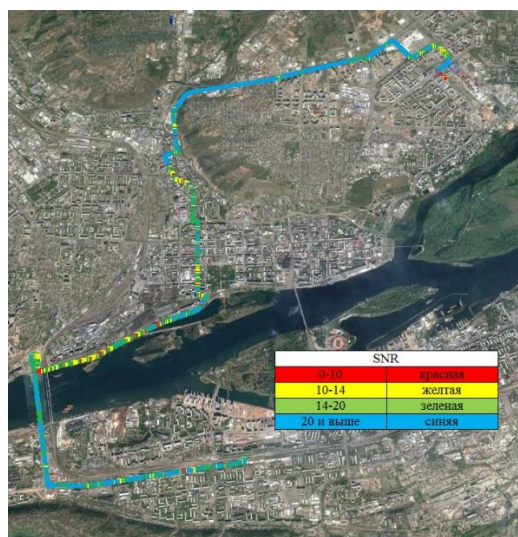


Рис. 3. Карта радиопокрытия системы радиосвязи для отношения сигнал/шум

Кроме того, разработана программа для мониторинга систем GSM, для мобильных телефонов с операционной системой Android. Окно программы представлено на рисунке 4.

При нажатии кнопки «Txt» в памяти устройства будет создана директория «txtForKml» и текстовый файл, в имени которого будет отображена дата и время его создания. Для начала записи данных о сети, в созданный текстовый файл, необходимо нажать кнопку «Start». Файл будет состоять из строк со следующим набором данных: дата и время; отношение сигнал/шум; интенсивность сигнала; координаты GPS. Для окончания записи следует нажать кнопку «Stop».

Чтобы оценить качество радиопокрытия систем GSM нужно записанные текстовые файлы открыть с помощью программы, которая описывалась в начале статьи. В программе нужно выбрать вкладку GSM и провести идентичные для вкладки McWiLL действия. 23.03.2017 на территории заповедника «Столбы» были проведены измерения характеристик качества мобильной связи стандарта

GSM для оператора YOTA/Мегафон. Измерения проводились с борта легкового транспортного средства с использованием абонентского оборудования (ZTE Axon 7 mini, Qualcomm Snapdragon 617 processor, X8 LTE modem).

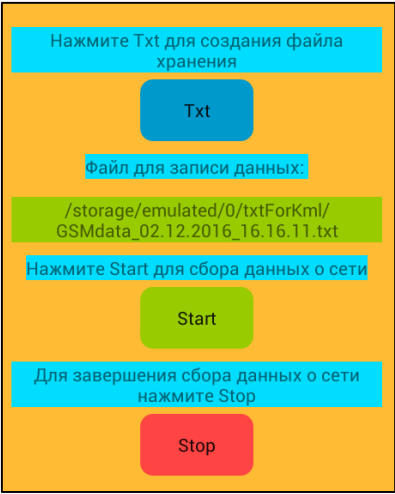


Рис. 4. Окно программы мониторинга систем GSM

На рисунке 5 представлен фрагмент карты радиопокрытия вдоль траектории перемещения транспортного средства, с метками различного цвета, для величины интенсивности сигнала, и легенда карты.

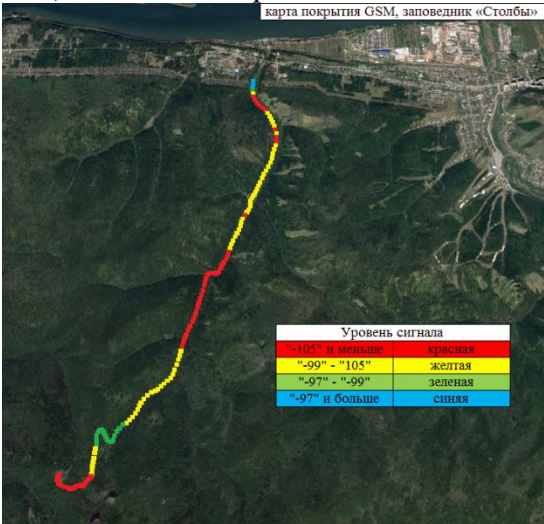


Рис. 5 – Карта покрытия GSM на территории заповедника «Столбы», для величины интенсивности сигнала

Результаты обработки измерений позволили отобразить возможность использования сети сотовой связи GSM для использования при проведении мероприятий в рамках культурной программы тестовых соревнований и собственно Универсиады - 2019 специальным программным обеспечением.

Таким образом можно оценить реальное качество радиопокрытия подвижной системы связи и определить работоспособность предоставляемых услуг в отдельности. С помощью полученных карт покрытия также можно оценить работу услуг как голосовой, так и видеосвязи в отдельности.

Список литературы:

1. Beijing Xinwei Telecom Technology Co.,Ltd Система мобильного широкополосного доступа McWILL // НИРИТ.
2. <https://www.google.com/earth/> (Google Earth).
3. <https://zyxel.ru/kb/4212/> (Параметры качества сигнала).

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОТОКОЛА NTP ДЛЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ

В.К.М. Алджиязна, Д.А. Плотников, e-mail: dpl61@yandex.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В статье приведены краткие сведения о структуре сообщений протокола *NTP*, описаны проблемы, возникающие при формировании и анализе таких сообщений в микропроцессорных системах с ограниченными вычислительными ресурсами. Проанализированы различные способы преобразования значений времени в формат временных меток протокола *NTP*, даны рекомендации по выбору наиболее подходящего способа.

Ключевые слова: протокол *NTP*, синхронизация времени, оптимизация вычислений, вычисления с фиксированной точкой.

DETAILS OF NTP PROTOCOL REALIZATION FOR MICROPROCESSOR SYSTEMS WITH LIMITED COMPUTING RESOURCES

W.K.M. Aljeazna, D.A. Plotnikov

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

This article gives brief information about the structure of the *NTP* protocol messages, describes the problems that arise in the formation and analysis of such messages in microprocessor systems with limited computing resources. Various ways of converting the time values into the *NTP* protocol time stamp format are analyzed, and recommendations for choosing the most appropriate method are given.

Keywords: *NTP* protocol, time synchronization, optimization of calculations, fixed point calculations.

Важной задачей, решаемой при разработке распределённых информационно-измерительных систем, является синхронизация элементов этих систем. Необходимо, чтобы данные, поступающие с каждого элемента, были привязаны к общей шкале времени с погрешностью, не превышающей допустимую величину. Одним из средств решения описанной задачи является протокол *NTP* [1], обеспечивающий возможность синхронизации локальных часов устройств-клиентов с часами сервера точного времени.

Не вдаваясь в детали протокола *NTP*, подробно описанные в [1], рассмотрим процедуру получения информации о необходимости коррекции локальных часов. Устройство-клиент, желающее синхронизировать свои часы с сервером точного времени, отправляет на *NTP*-сервер запрос, в котором указывает время отправки этого запроса по собственным часам T_1 . Сервер, получив запрос, фиксирует время его получения T_2 по своим часам, после чего готовит ответ, содержащий значения T_1 и T_2 . Непосредственно перед отправкой ответа в него записывается время отправки по часам сервера T_3 . Клиент, получив ответ сервера, содержащий значения T_1 , T_2 и T_3 , запоминает время получения ответа T_4 по собственным часам.

Основываясь на предположении о том, что транспортные задержки доставки сообщений в направлениях «клиент-сервер» и «сервер-клиент» одинаковы, уход (смещение) часов клиента по отношению к часам сервера можно вычислить по формуле

$$Offs = [(T_2 - T_1) + (T_3 - T_4)] / 2, \quad (1)$$

а суммарную величину транспортной задержки «клиент-сервер-клиент» – по формуле

$$D = (T_4 - T_1) - (T_3 - T_2). \quad (2)$$

Зная величину *Offs*, устройство-клиент может выполнить коррекцию своих часов, плавно или скачкообразно увеличив их показания на эту величину. Чем сильнее

отличаются друг от друга транспортные задержки в направлениях «клиент-сервер» и «сервер-клиент», тем больше будет погрешность синхронизации времени. Значение D вместе с другими вычисленными и полученными с сервера параметрами используется для оценки этой погрешности.

Метки времени $T_1 \dots T_4$ передаются в так называемом коротком формате *NTP* и представлены двумя 32-разрядными словами. Первое слово содержит число полных секунд, прошедших с 0 часов 1 января 1900 года, второе слово – долю текущей секунды. Эти данные можно рассматривать, как одно 64-разрядное слово, представляющее собой число без знака с фиксированной точкой [2] в формате «32.32» (то есть 32 разряда для целой части и 32 разряда для дробной).

Вычисления по формулам (1, 2) можно выполнять в формате с фиксированной точкой без дополнительных преобразований. Операции сложения и вычитания чисел в этом формате полностью аналогичны операциям с целыми числами и эффективно реализуются даже самыми простыми микропроцессорами. В [1] отмечено, что если расхождение между показаниями часов клиента и сервера не превышает 34 года, то вычисления дадут корректный результат.

Однако формат меток времени *NTP* обычно не соответствует формату представления времени в микропроцессорных системах (МПС), оперирующих долями секунд. Дело в том, что в коротком формате *NTP* «32.32» доли секунды выражены двоичной дробью. С другой стороны, при реализации МПС подсчет времени удобнее вести в десятичных долях секунды: десятых, сотых, тысячных и т.п. Это связано с обеспечением необходимой точности временных меток: как правило, конечному пользователю значение времени представляется в виде часов, минут, секунд и десятичных долей секунд. Если же вести подсчет времени в двоичных долях секунды, то при их преобразовании в десятичные возникнет ошибка округления (например, величину 0.1 с невозможно представить конечной двоичной дробью).

Счетчик времени в МПС реализуют различными способами. Он может представлять собой одно целое число, содержащее количество десятичных долей секунды, прошедших с определённой даты (например, число миллисекунд с 0 часов 1 января 2000 года). Иногда для упрощения внутренних преобразований даты и времени используют два целых числа: одно содержит количество полных суток, прошедших с некоторой даты, другое – количество десятичных долей секунды, прошедших с начала текущих суток. Возможны и другие варианты, но в любом случае имеется некоторый счетчик, содержащий число десятичных долей секунды. Следовательно, для получения меток времени T_1 и T_4 целое значение этого счётчика необходимо преобразовать в двоичную дробь, а для выполнения коррекции часов двоичную дробь *Offs*, полученную по формуле (1) в результате взаимодействия с *NTP*-сервером, необходимо преобразовать в целое число, равное количеству десятичных долей секунды, на которое необходимо изменить счетчик времени МПС.

В [1] для выполнения описанных преобразований предлагается использовать вычисления с плавающей точкой двойной точности. Например, чтобы преобразовать целое значение счётчика миллисекунд в двоичную дробь формата «32.32» его делят на вещественную константу 1000.0, а затем умножают на 2^{32} и округляют до целого (разумеется, можно сразу умножить значение счетчика на константу « $2^{32}/1000.0$ »). Чтобы преобразовать величину *Offs* из формата «32.32» в количество миллисекунд, её как целое 64-разрядное число следует разделить на вещественную константу 2^{32} , полученный вещественный результат умножить на 1000 и округлить до целого числа.

Затем это целое число можно прибавить к счетчику миллисекунд МПС с целью его коррекции.

Описанные преобразования легко выполняются мощными МПС, особенно имеющими аппаратную поддержку вычислений с плавающей точкой. Если же вычислительные ресурсы МПС ограничены, то такие действия, как и любые другие вычисления с плавающей точкой, могут занимать недопустимо много времени.

Существенно уменьшить время, затрачиваемое на преобразования форматов, можно за счёт отказа от вычислений с плавающей точкой и использования арифметики с фиксированной точкой. Вещественные числа с фиксированной точкой представляются в виде $M \times 2^P$, но в отличие от чисел с плавающей точкой мантисса M является целым числом, а порядок P – константой, подразумеваемой неявно. При использовании таких чисел арифметические операции выполняются только с целочисленными мантиссами, что значительно снижает требования к вычислительным ресурсам процессора. Пусть, например, имеются два числа $X_1 = M_1 \times 2^{P_1}$, и $X_2 = M_2 \times 2^{P_2}$. Тогда произведение $X_1 \times X_2$ можно выразить как $(M_1 \times M_2) \times 2^{(P_1+P_2)}$. Поскольку порядок подразумевается неявно, понадобится выполнить лишь целочисленное умножение $M_1 \times M_2$, имея в виду, что порядок результата будет равен P_1+P_2 , а разрядность произведения – сумме разрядностей сомножителей M_1 и M_2 . При выполнении сложения и вычитания предварительно следует при необходимости выровнять порядки чисел, что легко осуществляется путём сдвига мантиссы. К недостаткам чисел с фиксированной точкой можно отнести существенно меньший, чем у чисел с плавающей точкой, диапазон возможных значений, а также необходимость следить за переполнением и изменением порядка.

Рассмотрим на нескольких примерах использование арифметики с фиксированной точкой применительно к задаче преобразования формата времени. Пусть счетчик времени МПС содержит количество миллисекунд N_{MC} , прошедших с 0 часов 1 января 2000 года. Если ограничить значение этого счётчика датой 31.12.2099, что вполне приемлемо для подавляющего большинства ныне используемых МПС, то нетрудно определить, что для него достаточно разрядности 42 бита. Необходимо преобразовать значение этого счётчика в короткий формат метки времени *NTP* «32.32».

Пример 1. В простейшем случае из N_{MC} с помощью операций целочисленного деления (*div*) и нахождения остатка (*mod*) можно получить два значения: полное число секунд N_C и число миллисекунд текущей секунды n_{MC} :

$$N_C = N_{MC} \text{ div } 1000, \\ n_{MC} = N_{MC} \text{ mod } 1000.$$

Разрядность значения N_C не превышает 32, поэтому оно может быть скопировано в старшее слово метки времени *NTP*. Следует иметь в виду, что в *NTP* отсчет времени ведётся с 0 часов 1 января 1900 года, поэтому N_C необходимо увеличить на константу, равную количеству секунд между датами 1.01.1900 и 1.01.2000. При этом может возникнуть переполнение 32-разрядного числа, но такая ситуация для типовой реализации протокола *NTP* является допустимой [1].

Дробная часть метки времени должна быть представлена в формате «0.32». Чтобы вычислить её значение, следует число миллисекунд n_{MC} разделить на 1000.0, а затем для получения мантиссы числа с фиксированной точкой в формате «0.32» умножить на 2^{32} . Иными словами, искомая дробная часть может быть получена целочисленным умножением n_{MC} на константу $K_1 = 2^{32} / 1000.0$, округлённую до целого. Следует отметить, что при выполнении этой операции переполнение невозможно, так как число миллисекунд всегда будет меньше 1000.

В процессе описанных преобразований имеет место погрешность округления константы K_1 . По абсолютной величине она не превышает половины единицы младшего разряда, то есть 0.5, что соответствует относительной погрешности $0.5 / K_1$ или $1.16 \times 10^{-5} \%$. Второй сомножитель, n_{MC} , имеет точное значение, его относительная погрешность равна нулю. Поскольку при умножении относительные погрешности складываются, результат будет получен с погрешностью $1.16 \times 10^{-5} \%$. Тогда максимальная абсолютная погрешность результата составит 0.12 мкс, что для счетчика времени с миллисекундным разрешением является допустимым.

Пример 2. Недостатком вышеприведённого примера является необходимость использования операций целочисленного деления и нахождения остатка. Если эти операции применяются для чисел, разрядность которых превышает разрядность процессора (в рассматриваемом случае делимое имеет 42 разряда), то время их выполнения весьма велико. Чтобы избавиться от этого недостатка можно попытаться сразу преобразовать 42-разрядный счетчик миллисекунд N_{MC} в формат «32.32». Как и в примере 1, для этого N_{MC} нужно умножить на константу « $2^{32} / 1000$ ». Однако если использовать описанную выше константу K_1 , то абсолютная погрешность результата получится неприемлемо большой. В самом деле, максимальное значение 42-разрядного счетчика равно примерно 4.4×10^{12} мс. При относительной погрешности округления константы $K_1 \delta_{K1} = 1.16 \times 10^{-5} \%$ максимальная абсолютная погрешность результата составит около 510 с, в то время как приемлемым значением для счетчика с миллисекундным разрешением можно считать погрешность порядка 0.1 - 0.05 мс. Следовательно, в данном случае для преобразования формата следует использовать константу K_2 , вычисленную с большей точностью и имеющую увеличенную разрядность. Определим число разрядов N_{K2} этой константы. Исходя из требуемой абсолютной погрешности 0.1 мс, относительная погрешность вычислений δ_2 должна быть равна $0.1 / (4.4 \times 10^{12})$, то есть $2.27 \times 10^{-12} \%$. Поскольку один из сомножителей, N_{MC} , имеет точное значение, относительная погрешность округления константы $K_2 \delta_{K2}$ не должна превышать указанной величины. Из неравенства

$$\delta_{K2} / 100 \geq 0.5 / (2^{N_{K2}} / 1000)$$

получим

$$N_{K2} \geq \log_2(50000 / \delta_{K2}).$$

Таким образом, для достижения требуемого значения δ_{K2} число разрядов константы K_2 должно быть не менее 55.

Используя стандартный целочисленный тип языка C «*uint64_t*», отведём под счетчик миллисекунд N_{MC} и константу K_2 по 64 разряда, при этом для представления K_2 в формате «0.64» вычислим её как $2^{64} / 1000.0$ и округлим до целого. При перемножении N_{MC} и K_2 получится 128-разрядный результат в формате «64.64». Анализ возможных значений результата показывает, что старшие 32 разряда всегда будут равны нулю, поэтому их можно отбросить. Отбросим также 32 младших разряда дробной части, не представляющие интереса. В итоге останется число в формате «32.32», соответствующее формату временных меток *NTP*. Аналогично выполняется и обратное преобразование из формата «32.32» в целое число, равное количеству десятичных долей секунды.

Авторами было проведено экспериментальное исследование способов преобразования формата временных меток с целью определения их быстродействия. Анализировались способы, рассмотренные в примерах 1 и 2, а также способ, описанный в [1]. В ходе эксперимента определялась длительность преобразования значения счёт-

чика миллисекунд в формат метки времени *NTP*. Исследование проводилось на микроконтроллере *LPC12C24* [3] с ядром *Cortex-M0*, работающим на тактовой частоте 10 МГц. Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение способов преобразования формата времени

	С плавающей точкой [1]	С фиксированной точкой (способ 1)	С фиксированной точкой (способ 2)
Быстродействие, мкс	85.6	49.2	12.0

Рассмотрим преимущества и недостатки исследованных способов.

Способ, показанный в [1], максимально прост для понимания, обеспечивает переносимость программ за счёт использования только стандартных возможностей языка *C*, не требует анализа погрешностей вычисления благодаря высокой точности применяемых типов данных. Однако быстродействие этого способа оказалось самым низким, что ограничивает его использование в МПС с невысокой производительностью.

Способ, рассмотренный в примере 1, показал более высокое быстродействие, также используя только стандартные возможности языка *C*. К недостаткам этого способа можно отнести необходимость оценки погрешности вычисления, а также использование ресурсоёмких операций нахождения остатка и целочисленного деления больших чисел. Следует отметить, что второй недостаток отсутствует на 64-разрядных процессорах с аппаратной поддержкой операций деления.

Способ, рассмотренный в примере 2, обладает максимальным быстродействием: преобразование выполняется в семь раз быстрее, чем в первом случае. Однако этот способ требует умножения 64-разрядных чисел с получением 128-разрядного результата. 128-разрядные числа на сегодняшний день не поддерживаются множеством широко распространённых компиляторов языка *C*. Попытка программной реализации функции умножения с использованием стандартных типов приводит к существенному усложнению программы и снижению её эффективности. Поэтому умножение было реализовано в виде простейшей подпрограммы на языке ассемблера, но это ухудшило переносимость программы. Тем не менее, способ можно рекомендовать в тех случаях, когда переносимость не является существенным требованием.

Подводя итоги можно сделать вывод, что использование арифметики с фиксированной точкой значительно ускоряет выполнение функций преобразования формата времени при реализации протокола *NTP*, что делает целесообразным применение этой методики при разработке МПС с ограниченными вычислительными ресурсами.

Список цитируемой литературы

1. RFC 5905 Network Time Protocol Version 4: Protocol and Algorithms Specification. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc5905.txt> (дата обращения: 31.01.2018)

2. Fixed Point Arithmetic on the ARM. © Advanced RISC Machines Ltd (ARM) 1996. [Электронный ресурс]. URL: http://infocenter.arm.com/help/topic/com.arm.doc.dai0033a/DAI0033A_fixedpoint_appsnote.pdf (дата обращения: 31.01.2018)

3. LPC11Cx2/Cx4 32-bit ARM Cortex-M0 microcontroller. Product data sheet. Rev. 3.2 – 4 January 2016. © NXP B.V. 2016. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nxp.com> (дата обращения: 31.01.2018)

© В.К.М. Алджиязна, Д.А. Плотников 2018

КОМПЕНСАЦИЯ СИНУСОИДАЛЬНОЙ ПОМЕХИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

В.И. Лачин, К.Ю. Соломенцев, О.Ю. Демидов, Э.А. Анипко, e-mail:

sol_kir@mail.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В статье приведен краткий обзор методов измерения сопротивления изоляции электро-энергетических объектов, находящихся под рабочим напряжением. Показано, что во многих случаях на процесс измерения сильно влияет синусоидальная помеха с частотой, равной частоте контролируемого объекта. Предложен метод компенсации синусоидальной помехи, позволяющий существенно повысить точность измерения сопротивления изоляции.

Ключевые слова: помеха, сопротивление изоляции, измерение.

SINUSOIDAL INTERFERENCE COMPENSATION DURING MEASUREMENT OF INSULATION RESISTANCE

V.I. Lachin, K.Ju. Solomentsev, O.Ju. Demidov, Je.A. Anipko, e-mail:

sol_kir@mail.ru

Federal State Educational Institution of Higher Education "South-Russian State Technical
University (NPI) of the M.I. Platov", Novocherkassk

The article give a brief review of methods of insulation resistance measurement of the electropower facilities under operating voltage. It is demonstrated that in many cases the measurement process is strongly affected by the sinusoidal interference with a frequency equal to the frequency of the controlled object. The proposed method of compensation of sinusoidal interference, which significantly increases the measurement accuracy of insulation resistance.

Keywords: interference, insulation resistance, measurement.

В последнее время всё чаще применяются электрические сети изолированные от «земли». Существуют изолированные от земли сети переменного тока, сети постоянного тока, а также сети двойного рода тока. Для таких сетей обязательным является непрерывный контроль сопротивления изоляции.

Существует большое количество способов измерения сопротивления изоляции в вышеперечисленных сетях. Для сетей постоянного тока существуют способы, использующие напряжение сети в качестве измерительного напряжения. Например, метод вольтметра и амперметра, метод трех отсчетов вольтметра [1]. При этом нестабильность напряжения сети существенно влияет на погрешность измерений.

Наибольшее распространение получили способы, основанные на использовании дополнительного источника напряжения. При контроле сопротивления изоляции сетей постоянного тока необходимо исключить влияние рабочего напряжения сети на результаты измерений. Для этого используют два полуцикла измерения, в каждом полуцикле к сети прикладывают напряжения противоположной полярности. При контроле сетей переменного тока в измерительной цепи возникает помеха в виде переменного тока с частотой сети. Для уменьшения влияния этой помехи на результаты измерений применяют специальные способы подключения к сети (например, через индуктивности), различные фильтры, цифровую фильтрацию.

При наличии больших емкостей фаз (полюсов) сети относительно земли возникает ряд проблем. Во-первых, из-за длительных переходных процессов увеличивается время измерения. Во-вторых, пульсации тока в измерительной цепи

могут достигать очень больших значений. Как показано в [2], переменная (мешающая) составляющая тока в измерительной цепи может на несколько порядков превышать постоянную (полезную) составляющую.

В [3] предложено для создания измерительного напряжения использовать источник тока, который заряжает емкости сети до значения измерительного напряжения. Поддержание заданного значения измерительного напряжения осуществляется с помощью системы автоматического регулирования (САР). В контур САР входит фильтр низких частот (ФНЧ), который существенно влияет на устойчивость САР, рис.1.

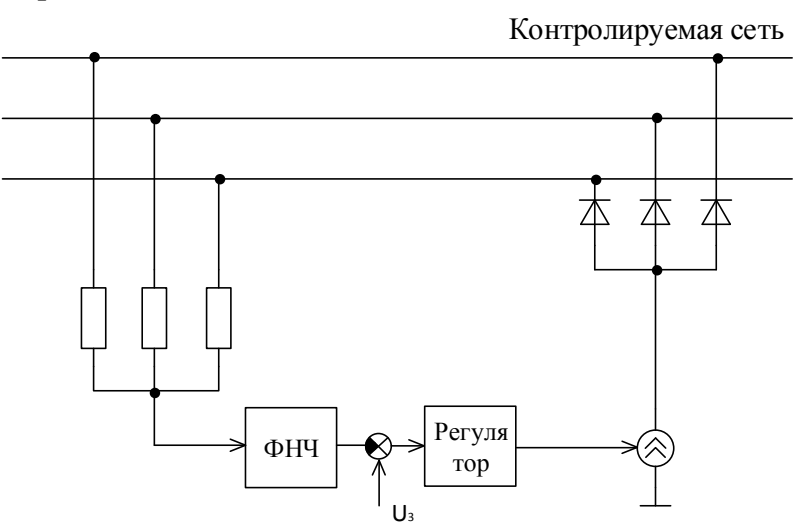


Рис. 1 – САР измерительного напряжения

Авторами предлагается использовать вместо ФНЧ цифровой фильтр, работающий по оригинальному алгоритму. Вкратце суть алгоритма заключается в следующем. В течение времени, точно равного периоду частоты помехи производится оцифровывание входного аналогового сигнала, в результате получается ряд значений, соответствующих значениям напряжения входного сигнала, измеренным через равноотстоящие моменты времени. Аппроксимируя этот ряд значений синусоидой получают точные значения амплитуды и фазы синусоидальной помехи. Затем из входного сигнала вычитают синусоиду с измеренными амплитудой и фазой, то есть компенсируют синусоидальную помеху. Полученный сигнал передают на выход фильтра. В отличие от известных фильтров, предлагаемый фильтр вообще не имеет задержки, любые изменения входного сигнала фильтра сразу на его на его выход, но за исключением синусоидальной помехи.

Амплитудно-частотная характеристика такого фильтра, с частотой подавления 50 Гц имеет вид, приведенный на рис. 2.

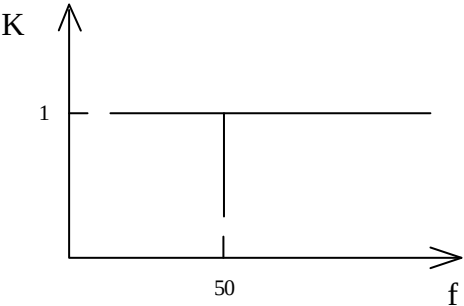


Рис. 2 – АЧХ фильтра

Функциональная схема устройства имеет вид, приведенный на рис.3.

За счет высокого быстродействия фильтра повышается устойчивость САР, то есть коэффициент передачи регулятора можно существенно повысить. Это приводит не только к более высокой стабильности измерительного напряжения, но и к более быстрому заряду емкостей фаз (полюсов) сети.

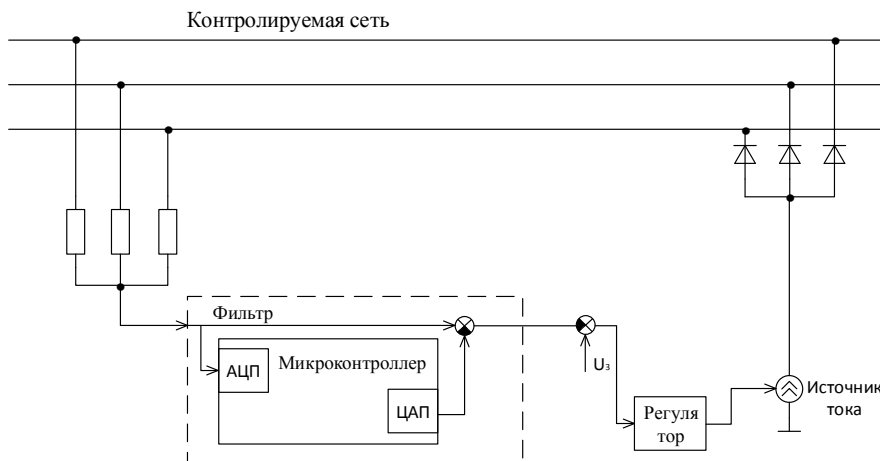


Рис. 3 – Функциональная схема с предлагаемым фильтром

Проведенное макетирование устройства подтверждает, что использование нового фильтра повышает быстродействие и точность устройства измерения сопротивления изоляции.

Список цитируемой литературы

1. Лачин В. И. Методы и устройства контроля состояния электроэнергетических объектов с дискретно-распределенными параметрами: монография / В. И. Лачин, К. Ю. Соломенцев; Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). - Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. - 342 с.
2. В.И. Лачин, К.Ю. Соломенцев, О.Ю. Демидов. Применение численной оптимизации при компенсации помехи в устройствах контроля сопротивления изоляции. // Изв. вузов. Электромеханика. 2017. Т. 60, № 4. С. 85-91. DOI:10.17213/0136-3360-2017-4-85-91.
3. В.И. Лачин, К.Ю. Соломенцев, О.Ю. Демидов. Использование преобразователя напряжение-ток для измерителя сопротивления изоляции. // Фундаментальные исследования, методы и алгоритмы прикладной математики в технике, медицине и экономике: материалы 16-ой Международной молодежной научно-практической конференции, г. Новочеркасск, 26-27 октября 2017 г. / Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2017. – 149 с.

© В.И. Лачин, К.Ю. Соломенцев, О.Ю.Демидов, Э.А. Анипко, 2018

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ АБСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДИЭЛЕКТРИКОВ

В.И. Лачин, К.Ю. Соломенцев, О.Ю. Демидов, К.Г. Сурмач, М.Г. Сурмач,
e-mail: sol_kir@mail.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Статья посвящена исследованию свойств диэлектриков, в частности, токов абсорбции. Приведены результаты исследования различных диэлектриков. Предложены способы математической обработки кривых изменения тока абсорбции во времени. Приведены математические модели токов абсорбции различных диэлектриков и сделан сравнительный анализ.

Ключевые слова: ток абсорбции, dielectrics, mathematical model.

MATHEMATICAL MODELS OF ABSORPTION PROPERTIES DIELECTRIC

V.I. Lachin, K.Ju. Solomentsev, O.Ju. Demidov, K.G. Surmach, M.G. Surmach,
e-mail: sol_kir@mail.ru

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

The article is devoted to the study of the properties of dielectrics, in particular, the currents absorption. Presented the results of the study of different dielectrics. The proposed methods of mathematical processing of the curves of current change of absorption with time. Given mathematical models of absorption currents of different dielectrics and the comparative analysis of insulation resistance.

Keywords: absorption current, dielectrics, mathematical model.

Современные электроэнергетические объекты (ЭО), как правило, имеют большую емкость относительно земли. Это может быть распределенная емкость электрических кабелей, емкости помехоподавляющих конденсаторов, которые включают между сетью и землей, емкости обмоток двигателей или трансформаторов относительно корпуса. Как правило, для осуществления измерения сопротивления изоляции ЭО между контролируемым объектом и «землей» подключают источник постоянного измерительного напряжения $E_{изм}$ и измеряют ток i в цепи, рис.1.

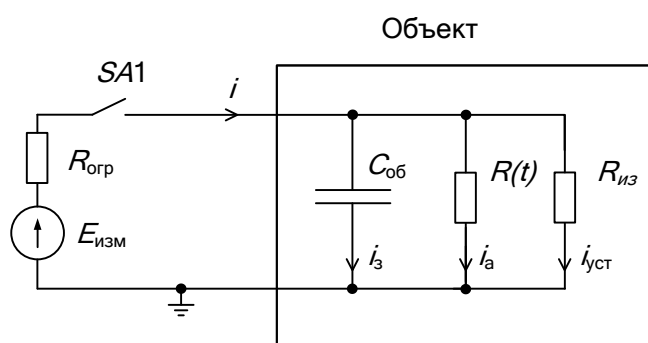


Рис. 1 – Схема измерения

На рис. 1 приведена упрощенная эквивалентная схема обесточенного ЭО, где $R_{огр}$ - токоограничивающий резистор, $C_{об}$ - электрическая емкость ЭО относительно земли, $R_{из}$ - сопротивление изоляции ЭО относительно земли, $R(t)$ - изменяющееся во времени сопротивление, обозначающее процесс абсорбции.

Из-за неидеальности диэлектрических материалов, как правило, существует большой ток абсорбции, который действует значительно большее время.

Изменение тока абсорбции во времени можно описать рядом функций, с различной точностью передающих реальную кривую спада абсорбционного тока. Чаще всего используют аппроксимацию экспоненциальной функцией [1, 2] и степенной функцией [3, 4].

Авторами были проведены многочисленные эксперименты с целью определения функциональной зависимости тока абсорбции от времени. В качестве объектов исследования использовались конденсаторы с различным материалом диэлектрика и различные типы кабелей.

Рассмотрим результаты экспериментов с конденсаторами типа МБГЧ общей ёмкостью 300 мкФ. Для последующей статистической обработки результатов эксперимент повторялся 5 раз, на рис. 3 приведены 5 графиков $i_1, i_2 \dots i_5$, полученные в результате экспериментов, а также усредненная кривая $\bar{i}$. Результаты экспериментов отличаются друг от друга на величину случайной погрешности, поэтому на рисунке графики практически сливаются.

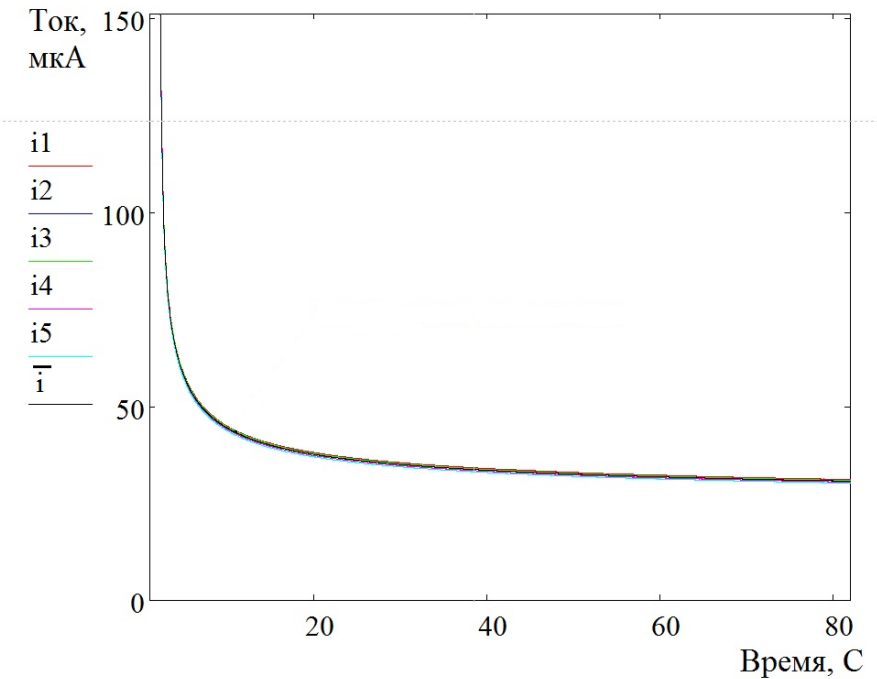


Рис. 2 – Графики суммарных токов абсорбции и утечки

В [5] приведена математическая модель тока абсорбции в виде суммы экспонент с разными постоянными времени. Проведем аппроксимацию усредненной кривой $\bar{i}$ функцией вида:

$$f(t) = A_1 e^{-n_1 t} + A_2 e^{-n_2 t} + B$$

С помощью ППП *MathCad* получаем математическую модель с численными значениями (ток выражен в мкА, время в секундах):

$$f(t) = 708.832 e^{-1.028 t} + 27.847 e^{-0.072 t} + 29.095 . \tag{1}$$

В соответствии с терминологией теории планирования эксперимента в данной математической модели, один фактор - время t , откликом является значение функции $f(t)$.

На рис. 3 приведены графики усредненной кривой $\bar{i}$ и аппроксимирующей функции (1).

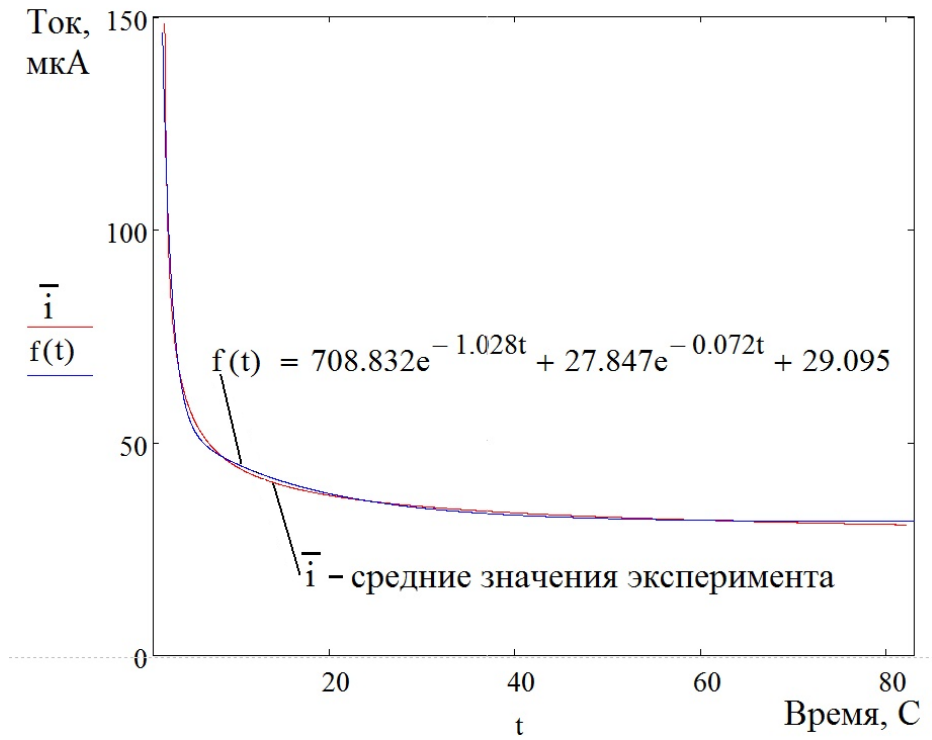


Рис. 3 – Графики усредненной кривой $\bar{i}$ и аппроксимирующей функции

Вычисляем оценку дисперсии воспроизводимости по всем точкам:

$$S_{\text{вос}}^2 = \frac{\sum_{u=1}^N \sum_{j=1}^n (i_{uj} - \bar{i}_u)^2}{N \cdot (n-1)} \quad (2)$$

$$S_{\text{вос}}^2 = \frac{\sum_{u=1}^{4000} \sum_{j=1}^5 (i_{uj} - \bar{i}_u)^2}{4000 \cdot (5-1)} = 0.193$$

Для данной величины количество степеней свободы $k1 = N \cdot (n-1) = 16000$.

Вычисляем оценку дисперсии адекватности:

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{n \sum_{u=1}^N (\bar{i}_u - f_u)^2}{N - m} = \frac{5 \sum_{u=1}^{4000} (\bar{i}_u - f_u)^2}{4000 - 5} = 5.175$$

Для данной величины количество степеней свободы $k2 = N - 5 = 3995$.

Вычисляем эмпирическое значение критерия Фишера:

$$F = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S_{\text{вос}}^2} = \frac{5.175}{0.193} = 26.81$$

Сравниваем с критическим значением $F_{\text{кр}} = F(\alpha; k1; k2) = F(0.05; \infty; \infty) = 1.03$. Так как $F > F_{\text{кр}}$ ($26.81 > 1.03$), гипотеза об адекватности модели отвергается. Таким образом, математическая модель изменения во времени тока абсорбции в виде суммы двух экспонент (1) не является адекватной в рассмотренном эксперименте.

Рассмотрим аппроксимацию степенной функцией вида [6]:

$$f(t) = A(t - t_0)^{-n} + B$$

С помощью ППП *MathCad* получаем функцию с численными значениями (ток выражен в мкА, время в секундах):

$$f(t) = A \cdot (t - t_0)^{-n} + B = 56.454 \cdot (t - 2.033)^{-0.504} + 24.455. \quad (3)$$

На рис. 4 приведены графики усредненной кривой $\bar{i}$ и аппроксимирующей функции (3).

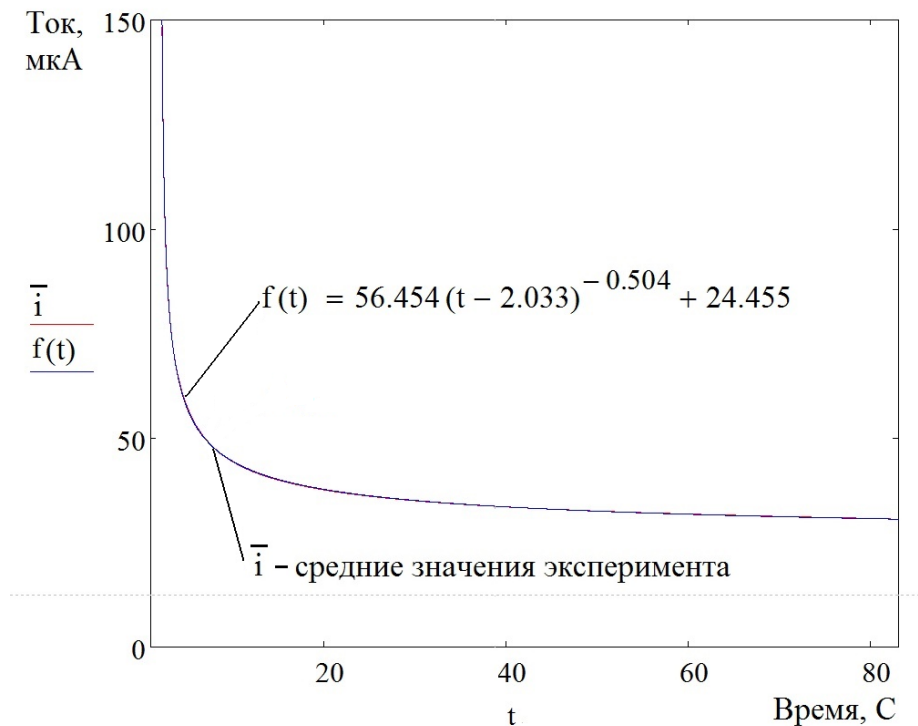


Рис. 4 – Графики усредненной кривой $\bar{i}$ и аппроксимирующей функции (3)

Оценка дисперсии адекватности:

$$S_{ад}^2 = \frac{n \sum_{u=1}^N (\bar{i}_u - f_u)^2}{N - m}$$

где $m = 4$ – количество оцениваемых коэффициентов модели; $\bar{i}_u$ – среднее значение результатов 5 наблюдений в u -й точке; f_u – значение отклика в этой же точке, предсказанное по модели.

Количество степеней свободы дисперсии адекватности $k1 = N - m = 3096$.

$$S_{ад}^2 = \frac{5 \sum_{u=1}^{4000} (\bar{i}_u - f_u)^2}{4000 - 4} = 0.198$$

Проверку адекватности проводим по F -критерию. Эмпирическое значение критерия вычисляется по формуле:

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S_{вос}^2} = \frac{\frac{n \sum_{u=1}^N (\bar{i}_u - f_u)^2}{N - m}}{\frac{\sum_{u=1}^N \sum_{j=1}^n (i_{uj} - \bar{i}_u)^2}{N(n - 1)}}$$

$$F = \frac{0.198}{0.193} = 1.026$$

Сравниваем рассчитанное значение с критическим значением $F_{кр} = F(\alpha; k_1; k_2)$. Можно считать $k_1 = k_2 = \infty$, тогда $F_{кр} = F(0,05; \infty; \infty) = 1.03$, где α – уровень значимости. Условие $F \leq F_{кр}$ выполняется ($1.026 < 1.03$), поэтому гипотеза об адекватности модели принимается.

Авторами были проведены аналогичные сравнительные исследования различных электроэнергетических объектов - конденсаторов типа К73 (с полиэтилентерефтолатной пленкой), импортных конденсаторов типа СВВ21 (с полипропиленовой пленкой), различных электрических кабелей. Во всех случаях математическая модель процесса абсорбции в виде степенной функции оказалась более точной.

Список цитируемой литературы

1. Серебряков А.С. Способ измерения установившегося значения сопротивления изоляции // Электричество. 1999. №5. С. 40-43.
2. Пат. 2490652 РФ МПК G01R 27/02. Устройство для контроля качества электрической изоляции. / Серебряков А.С., Семенов Д.А. – Оpubл. 20.08.2013, Бюл. № 22.
3. Schleif F.R., Corrections for Dielectric Absorption in High Voltage D-C Insulation Tests // AIEE Transactions. Vol. 75, pt. 111, August 1956.
4. Curdts E.B., Insulation Testing by D-C Methods. 1958, reprinted in 1964 in Biddle Technical Publication 22T1.
5. Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. Электротехнические материалы: Учебник для вузов. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1985. - 304 с.
6. Исследование устройств и систем автоматики методом планирования эксперимента / А.Е. Егоров, Г.Н. Азаров, А.В. Коваль; Под ред. В.Г. Воронова. -Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986.- 240 с.
7. Влияние тока абсорбции на процесс измерения сопротивления изоляции. Лачин В.И, Соломенцев К.Ю, Нгуен К.У. Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. - 2013. - № 6. - С. 32-35.

© В.И. Лачин, К.Ю. Соломенцев, О.Ю.Демидов, К.Г. Сурмач, М.Г. Сурмач 2018

УДК 621.318.122.001.41

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ФЕРРОМОДУЛЯЦИОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ С ИМПУЛЬСНОЙ КОМПЕНСАЦИЕЙ

*Н.И. Горбатенко, e-mail:gorbatenko@novoch.ru, М.Ю. Ланкина,
А.В. Володин*

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Разработаны и экспериментально подтверждены основы теории ферро-модуляционных измерительных преобразователей напряженности магнитного поля с импульсной компенсацией, базирующиеся на результатах исследований модели динамического перемагничивания сердечника преобразователя с учетом его габаритов и наличия близко расположенной ферромагнитной массы, дающие возможность оценивать метрологические и эксплуатационные характеристики конкретного измерительного преобразователя. В результате проведенных исследований предложен и исследован новый метод измерения напряженности магнитного

поля, основанный на компенсации измеряемого поля известным импульсным и использовании в качестве нуль-индикатора ферромодуляционного преобразователя, причем импульсное поле одновременно выполняет функции возбуждающего и компенсирующего полей. Метод позволяет повысить точность и расширить диапазон измерения напряженности магнитного поля.

**BASES OF THE THEORY OF FERROMODULATION
MEASUREMENT MAGNETIC FIELD STRESS CONVERTERS
WITH PULSE COMPENSATION**

N.I. Gorbatenko, M.Yu. Lankina, A.V. Volodin

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

The fundamentals of the theory of ferromagnetic-modulation magnetic field strength transmitters with pulse compensation based on the results of studies of the model of the dynamic magnetization reversal of the converter core with allowance for its gabarites and the presence of a closely located ferromagnetic mass are developed and experimentally verified, making it possible to evaluate the metrological and operational characteristics of a particular measuring transducer. As a result of the research carried out, a new method for measuring the magnetic field strength based on the compensation of a measured field by a known pulse field and using it as a zero-indicator of a ferromagnetic modulation converter was proposed and investigated, and the pulsed field simultaneously acts as an exciting and compensating field. The method allows to increase the accuracy and expand the range of measurement of the magnetic field strength

УДК 620.1.05

**ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТОРОИДАЛЬНЫХ
ОБРАЗЦОВ**

А.И. Кучер, И.М. Ланкин, В.А. Сурняев, Д.А. Сурняев

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В статье представлена структурная схема устройства измерения магнитных характеристик тороидальных образцов «High Speed». Представлены результаты измерения петли гистерезиса и кривой намагничивания, а также анализ влияния выбора частоты тока в намагничивающей обмотке на результат измерения.

Магнитные материалы занимают значительное место в технике. Их применение непрерывно расширяется: растет производство конструкционных и электротехнических сталей, низкокоэрцитивных сплавов со специальными свойствами, высококоэрцитивных магнитных материалов. Увеличивается применение миниатюрных магнитных сердечников, энергоемких постоянных магнитов и магнитных пленок. В связи с этим контроль качества магнитных материалов и изделий из них, измерение параметров магнитных полей и исследование свойств ферромагнитных материалов в лабораторных условиях и производстве становятся очень важной задачей.

В ходе прохождения научной практики в Техническом Университете Ильменау было произведено знакомство с устройством измерения магнитных характеристик

тороидальных образцов «High Speed». В устройстве реализован индукционный метод измерения магнитных полей [1] с использованием намагничивающей и измерительной катушек. На рис. 1 представлена структурная схема устройства.

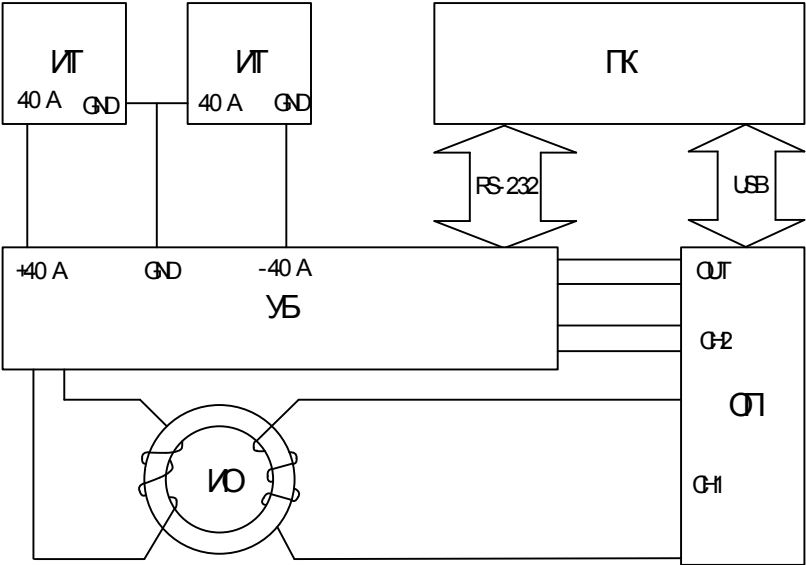


Рис. 1. Структурная схема устройства:

УБ – управляющий блок; ОП – осциллографическая приставка; ИТ – источник тока; ПК – персональный компьютер; ИО – испытуемый образец

Намагничивающая катушка, равномерно нанесенная на ИО, подключена к токовым выводам УБ. Измерительная катушка, равномерно нанесенная на ИО, подключена к первому каналу ОП. ОП посредством стандартного интерфейса *USB* подключена к ПК. Ток в намагничивающей катушке измеряется с помощью второго канала ОП. По каналу *OUT* УБ получает информацию о состоянии ОП. Управление УБ производится с помощью ПК посредством стандартного интерфейса *RS-232*. Посредством двух однополярных источников тока получен один двуполярный и подключен к токовому входу УБ.

Были произведены измерения 16 образцов из 6 различных материалов. Измерялись петля гистерезиса и кривая намагничивания при напряженности магнитного поля до 10 кА/м при частоте тока в намагничивающей обмотке 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,1 Гц.

На рис. 2 представлены результаты измерения кривой намагничивания при частоте тока в намагничивающей обмотке 1 Гц.

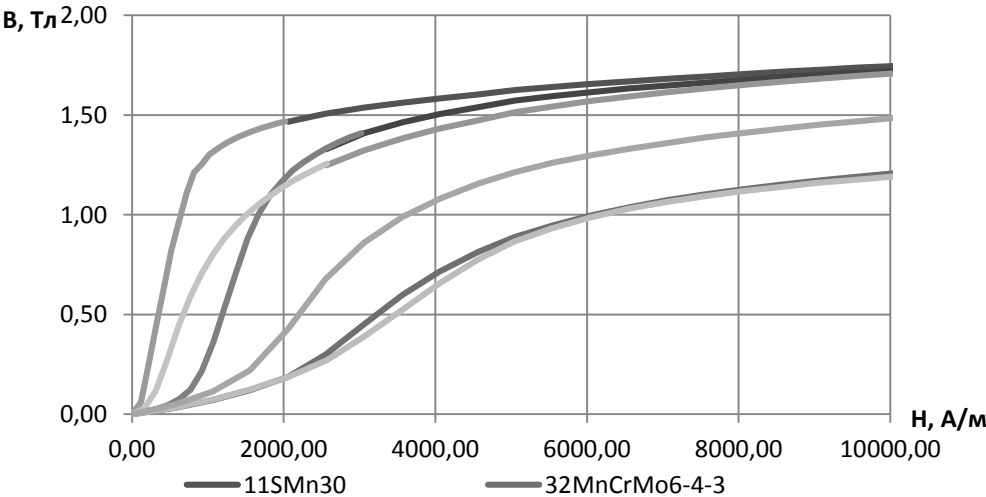


Рис. 2. Кривые намагничивания

На рис. 3 представлены результаты измерения петли гистерезиса при частоте тока в намагничивающей обмотке 1 Гц.

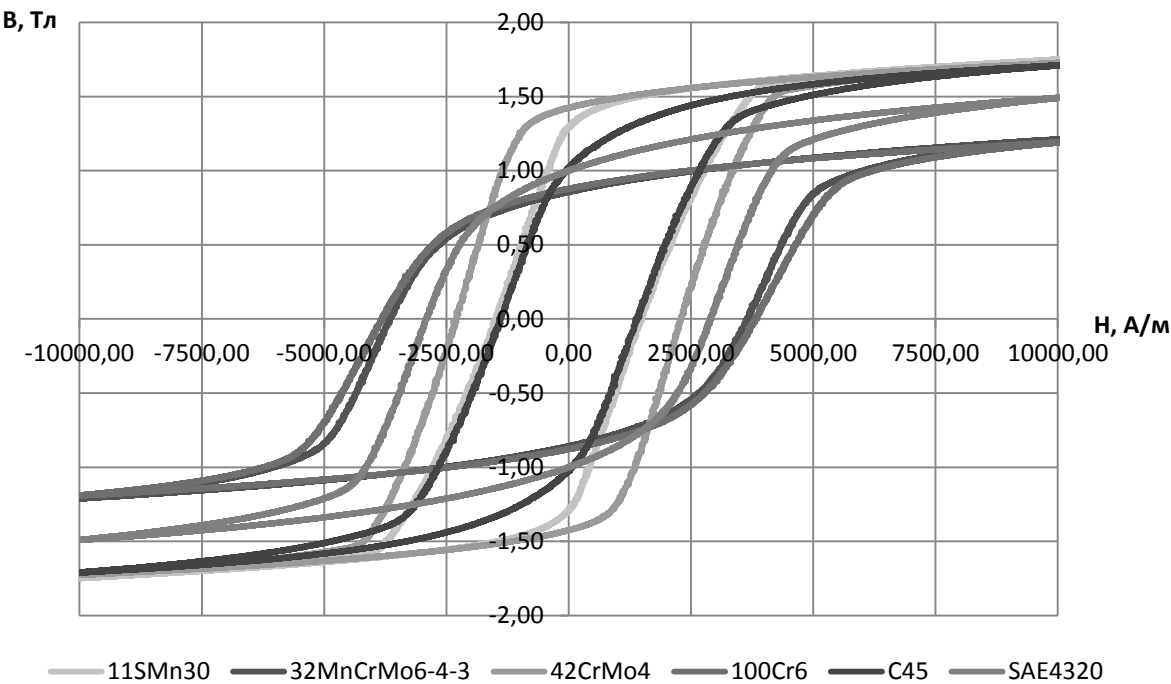


Рис. 3. Петли гистерезиса

Рассмотрим влияние выбора частоты тока в намагничивающей обмотке на результаты измерения петли гистерезиса и кривой намагничивания материала 32MnCrMo6-4-3. На рис. 4 представлены кривые намагничивания для частот 10, 1 и 0,1 Гц. На рис. 5 представлены петли гистерезиса для частот 10, 1 и 0,1 Гц.

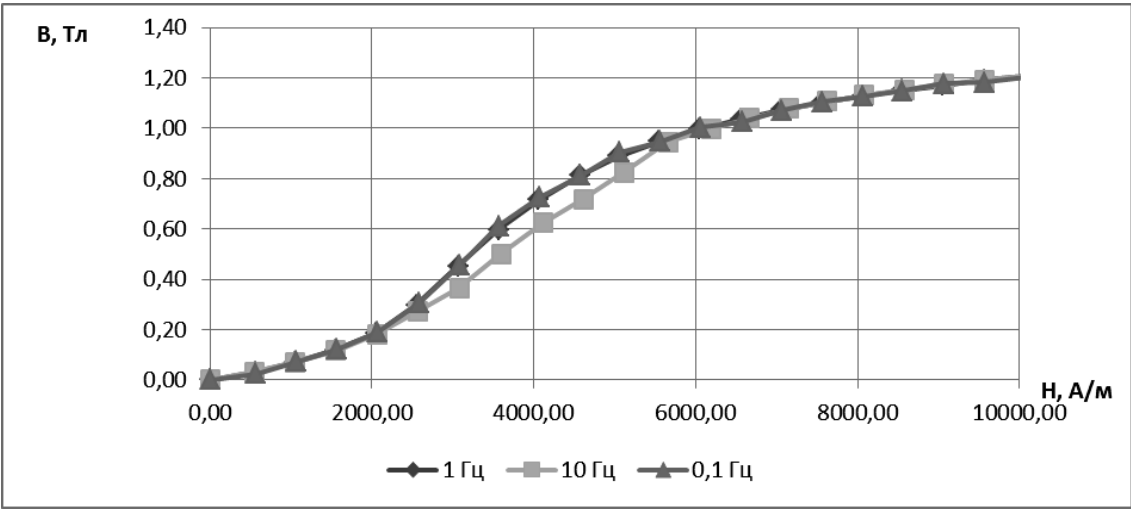


Рис. 4. Кривые намагничивания материала 32MnCrMo6-4-3

Примем кривую намагничивания при частоте тока 0,1 Гц за образцовую. Тогда приведенная погрешность для частоты тока 1 Гц не превышает 1 %. Для частоты тока в намагничивающей обмотке 10 Гц при напряженности магнитного поля от 0 до 2000 А/м и от 6500 до 10000 А/м приведенная погрешность не превышает 1 %. Для напряженности магнитного поля 2000-6500 А/м максимальная приведенная погрешность составляет 9,2 %.

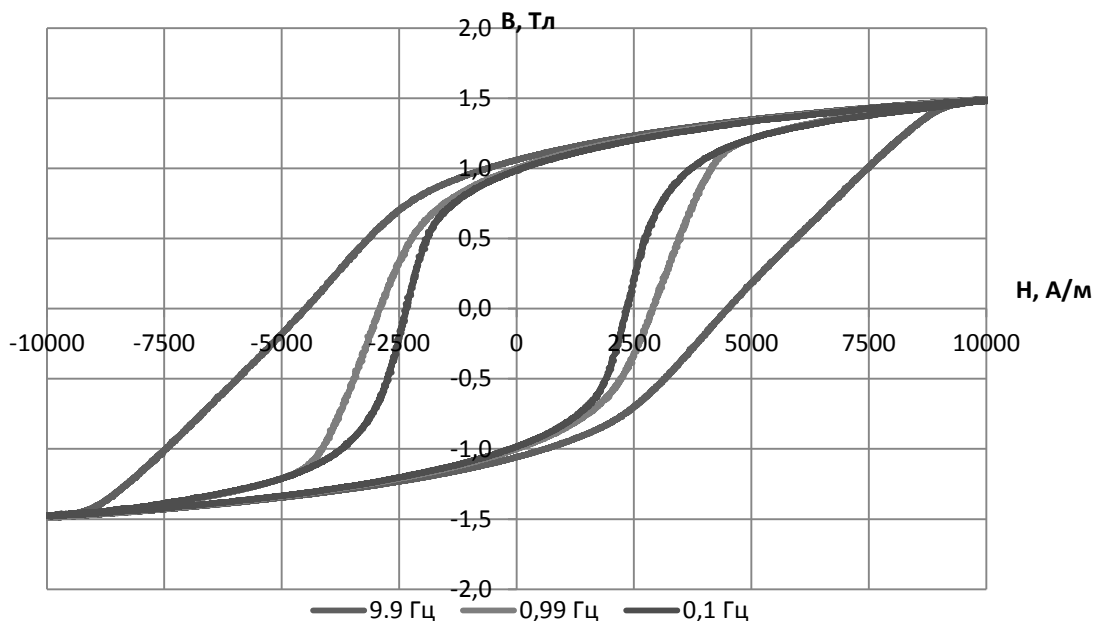


Рис. 5. Петли гистерезиса материала 32MnCrMo6-4-3

Погрешность определения максимальной магнитной индукции составляет 0,75 %. Погрешность определения остаточной магнитной индукции при частоте 10 Гц – 8,2 %; при частоте 1 Гц – 2,2 %. Погрешность определения коэрцитивной силы при частоте 10 Гц – 93 %; при частоте 1 Гц – 25 %.

Таким образом можно сделать вывод, что при измерении кривой намагничивания выбор частоты тока в намагничивающей обмотке сильно влияет на результат измерения в области перегиба характеристики, сглаживая её. Для материалов с ярко выраженным перегибом (например, 11SMn30) погрешность может составлять 100 % и более. В линейных областях характеристики влияние выбора частоты не превышает погрешность измерения. При измерении петли гистерезиса выбор частоты оказывает влияние на определение остаточной индукции, очень сильно искажает результат определения коэрцитивной силы, при этом влияние на определение максимальной магнитной индукции не превышает погрешности измерения.

Литература

1. Преображенский А.А., Бишард Е.Г. Магнитные материалы и элементы. – М.: Высш. шк., 1986. – 352 с.

УДК 621.3.011.7

ЭФФЕКТИВНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ СИМВОЛЬНЫХ И ЧАСТИЧНО СИМВОЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Н.С. Савёлов, e-mail:savelovn@mail.ru, **И.С. Лебедев**, e-mail:LebedevBK@outlook.com, **С.А. Гречаный**, e-mail:grechanysa@mail.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Предложен новый подход к формированию символьных и частично символьных функций линейных и квазилинейных электрических цепей. В соответствии с тем, что многие объекты исследования вне зависимости от их физической природы могут моделироваться электриче-

скими цепями, излагаемый подход является универсальным. Символьные и частично символьные функции обеспечивают глубокие всесторонние исследования статических и динамических объектов. Подход основан на использовании новой модификации метода исключения Гаусса. Этот подход позволяет формировать полностью символьные функции для достаточно простых цепей и частично символьные функции для цепей практически любой сложности. Приведён пример машинного формирования символьных уравнений состояния преобразователя напряжения.

Ключевые слова: символьные функции, частично символьные функции, линейные электрические цепи, квазилинейные электрические цепи, уравнения состояния.

EFFECTIVE CREATION OF SYMBOLIC AND PARTIALLY SYMBOLIC FUNCTION OF ELECTRICAL CIRCUITS

N.S. Savelov, I.S. Lebedev, S.A. Grechany

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

A new approach to the creation of symbolic and partially symbolic functions of linear and quasilinear electric circuits is proposed. In accordance with the fact that many objects of research, irrespective of their physical nature, can be modeled by electric circuits, this approach is universal. Symbolic and partially symbolic functions provide deep in-depth researches of static and dynamic objects. The approach is based on the use of a new modification of the Gaussian elimination method. This approach allows to create full symbolic functions for simple circuits and partially symbolic functions for complex electrical circuits. In the article have been presented an example of the machine creation of the full symbolic state equations of the voltage converter.

Keywords: symbolic function, partially symbolic function, linear electrical circuits, quasilinear electrical circuits, state equations.

Авторами предложен подход к машинному формированию уравнений состояния электрических цепей на основе новой модификации метода исключения Гаусса для решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) [1,2]. Одной из особенностей данного подхода является сокращение арифметических операций, что позволяет формировать уравнения состояния в виде символьных функций или частично символьных функций. При использовании формул для повторного решения СЛАУ [3] этот подход позволяет перейти к автоматизированной коррекции математических моделей динамических устройств и систем, моделируемых эквивалентными схемами, претерпевающими многократные изменения, в частности, изменения параметров элементов. Предполагается, что в процессе коррекции возможны изменения как параметров элементов, так и более существенные изменения, такие как изменения топологии схемы и изменения типов её элементов. Погрешность скорректированных значений элементов матриц уравнений состояния не имеет тенденции к нарастанию для задач, не являющихся плохо обусловленными [3].

Кратко опишем указанную модификацию метода исключения Гаусса для решения СЛАУ.

Вначале изложим порядок первоначального решения СЛАУ вида $Ax = b$, $\det A \neq 0, A \in R^{n \times n}$. Элементы столбца x разделяются на искомые, подлежащие определению, и неискомые. Решение СЛАУ сводится к преобразованию дополнительной матрицы $F \in R^{n \times n}$. Матрица A при этом не изменяется.

Используем обозначения: a_i – i -й столбец матрицы A ; F^m, f_i^m – соответственно матрица F и её i -я строка после m -го преобразования, $m = \overline{0, n}$, $F^0 = E$.

Первоначальное решение описывается следующими выражениями: $f_i^{m+1} = f_i^m$ для $i = m+1$ (при $m = \overline{0, n-1}$), а также для $i < m+1$ (при $m = \overline{1, n-1}$) и одновременно при условии, что x_i – искомого; $f_i^{m+1} = f_i^m - (f_i^m \cdot a_{m+1} / f_{m+1}^m \cdot a_{m+1}) \cdot f_{m+1}^m$ для остальных i (предполагается, что $f_{m+1}^m \cdot a_{m+1} \neq 0$, иначе выполняется перестановка двух строк матрицы F_m , ниже, для упрощения изложения, предполагается, что перестановка строк не требуется); $x_i = (f_i^n b) / (f_i^n a_i)$ для каждого искомого x_i .

Для каждого искомого x_i используем строку f_{io} , названную образующей, определяемую выражением $f_{io} = (1 / (f_i^n a_i)) f_i^n$.

Теперь изложим порядок повторного решения СЛАУ после замены некоторого столбца a_i , соответствующего искомому неизвестному x_i , столбцом a'_i , в результате чего образуется матрица A' . При этом $f_{io} a'_i = 0$ тогда и только тогда, когда $\det A' = 0$. Пусть имеется другое, кроме x_i , искомое неизвестное x_j . При $\det A' \neq 0$ новые значения искоемых неизвестных определяются выражениями

$$\left. \begin{aligned} f'_{io} &= (1 / (f_{io} \cdot a'_i)) f_{io}; \\ x'_i &= f'_{io} b; \\ f'_{jo} &= f_{jo} - (f_{jo} \cdot a'_i) f'_{io}; \\ x'_j &= f'_{jo} b. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

С целью снижения вычислительных затрат можно также использовать выражения $x'_i = (1 / (f_{io} a'_i)) x_i$, $x'_j = x_j - (f_{jo} a'_i) x'_i$.

Опишем предлагаемый подход к формированию символьных или частично символьных уравнений состояния.

Сформируем базовую систему уравнений, используя известную методику [4], но располагая соответствующие подматрицы в особом порядке [1,2].

Пусть безреактивные элементы описываются выражением:

$$v_1 = K v_2 + v_3, \quad (3)$$

где K – действительная квадратная матрица порядка $n_1 + n_2$, v_1 – столбец, первые n_1 элементов которого являются токами, а остальные n_2 – напряжениями; v_2 – столбец, первые n_1 элементов которого являются напряжениями, а остальные n_2 – токами; v_3 – столбец независимых токов и напряжений. Пусть конденсаторы и катушки индуктивности описываются выражениями $i_c = C \frac{du_c}{dt}$, $u_L = L \frac{di_L}{dt}$, где C и L – матрицы, соответственно, ёмкостей и индуктивностей, u_c – столбец напряжений конденсаторов, i_L – столбец токов катушек индуктивности.

Пусть A и B , соответственно, редуцированная матрица инцидентий и матрица независимых контуров. Представим A и B в виде $[A_1 A_2 A_3 A_4]$ и $[B_1 B_2 B_3 B_4]$. Подматрицы A_1 и B_1 соответствуют ветвям, описанным первыми n_1 уравнений выражения (3). Подматрицы A_2 и B_2 соответствуют ветвям, описанным послед-

ними n_2 уравнениями. Подматрицы A_3 и B_3 соответствуют ветвям с конденсаторами и подматрицы A_4 и B_4 соответствуют ветвям с катушками индуктивности. Используем обозначения:

$$M_1 = \begin{bmatrix} A_1 & 0 \\ 0 & B_2 \end{bmatrix}; M_2 = \begin{bmatrix} 0 & A_2 \\ B_1 & 0 \end{bmatrix}; M_3 = \begin{bmatrix} A_3 C & 0 \\ 0 & B_4 L \end{bmatrix}; M_4 = \begin{bmatrix} 0 & A_4 \\ B_3 & 0 \end{bmatrix};$$

$$M_5 = M_1 \cdot K + M_2; M_6 = [M_5 M_1]; M = [M_4 M_6 M_3]; x = \begin{bmatrix} u_c \\ i_L \end{bmatrix}; y = \begin{bmatrix} v_2 \\ v_3 \end{bmatrix};$$

$$\frac{dx}{dt} = \begin{bmatrix} \frac{du_c}{dt} \\ \frac{di_L}{dt} \end{bmatrix}; v = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \frac{dx}{dt} \\ \frac{dv_2}{dt} \\ \frac{dv_3}{dt} \\ \frac{d^2 x}{dt^2} \end{bmatrix}.$$

В результате получаем базовую систему уравнений, имеющую следующий вид:

$$Mv = 0. \tag{4}$$

Покажем структуру промежуточной системы уравнений, полученной при использовании однократного дифференцирования системы уравнений (4):

$$\begin{bmatrix} M_4 & M_5 & M_1 & M_3 \\ & & & M_4 & M_5 & M_1 & M_3 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x \\ v_2 \\ v_3 \\ \frac{dx}{dt} \\ \frac{dv_2}{dt} \\ \frac{dv_3}{dt} \\ \frac{d^2 x}{dt^2} \end{bmatrix} = 0.$$

Пусть на основе выражений (1) и системы (4) сформирована матрица F (использование именно базовой системы упрощает изложение). Умножая образующие строки на столбцы матрицы базовой системы, соответствующие переменным состояния и независимым переменным, получаем уравнения состояния в стандартной форме [5]:

$$\frac{dx}{dt} = Ax + Bu, \tag{5}$$

$$y = Cx + Du.$$

Продemonстрируем работу предложенного подхода на примере. Обратимся к рис. 1, на котором представлена типичная схема преобразователя (DC-DC step-down converter) [6].

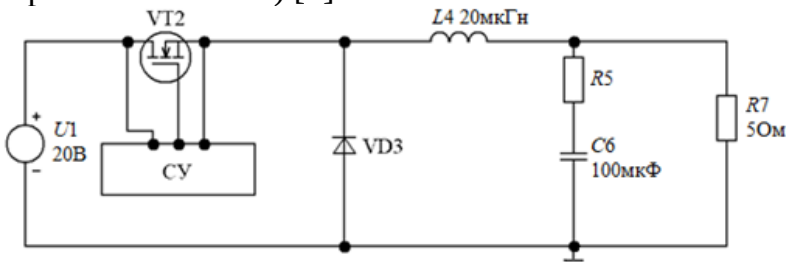


Рис 1. Схема преобразователя постоянного напряжения

В соответствии с изложенным подходом сформируем уравнения для переменных состояния (первое матричное уравнение из системы (5)) исследуемой цепи в форме символьных функций.

Описание безреактивных элементов:

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ u_{R5} \\ u_{R7} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & R5 & 0 \\ 0 & 0 & R7 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_1 \\ i_{R5} \\ i_{R7} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} U(t) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Описание цепи для реактивных элементов:

$$i_{c6} = C6 \cdot \frac{du_{c6}}{dt}, u_{L4} = L4 \cdot \frac{di_{L4}}{dt}.$$

Матрицы инцидентий и главных контуров:

$$A = [A_1 A_2 A_3 A_4] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix},$$

$$B = [B_1 B_2 B_3 B_4] = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Полная система уравнений:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & C & 0 \\ 1 & 0 & 0 & R5 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & L \\ -1 & 0 & 0 & -R5 & R7 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_{c6} \\ i_{L4} \\ i_1 \\ i_{R5} \\ i_{R7} \\ U(t) \\ U_{nc5=0} \\ U_{nc7=0} \\ \frac{dU_{c6}}{dt} \\ \frac{di_{L4}}{dt} \end{bmatrix} = 0. \tag{6}$$

Сформируем уравнения состояния на основе описанного подхода. Используя (6), получаем для $t = 0$:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & C & 0 \\ 1 & 0 & 0 & R5 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & L \\ -1 & 0 & 0 & -R5 & R7 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_{c6} \\ i_{L4} \\ i_1 \\ i_{R5} \\ i_{R7} \\ U(t) \\ U_{nc5=0} \\ U_{nc7=0} \\ \frac{dU_{c6}}{dt} \\ \frac{di_{L4}}{dt} \end{bmatrix} = 0$$

После преобразований матрицы F получаем:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{R7}{C(R5+R7)} & \frac{1}{C} & 0 & -\frac{C(R5+R7)}{R5} \\ 0 & -\frac{R5R7}{L(R5+R7)} & 0 & \frac{1}{L} & \frac{R5}{L(R5+R7)} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & C & 0 \\ 1 & 0 & 0 & R5 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & L \\ -1 & 0 & 0 & -R5 & R7 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U_{c6} \\ i_{L4} \\ i_1 \\ i_{R5} \\ i_{R7} \\ U(t) \\ U_{uc5=0} \\ U_{uc7=0} \\ \frac{dU_{c6}}{dt} \\ \frac{di_{L4}}{dt} \end{bmatrix} = 0.$$

Сформированные уравнения для переменных состояния в форме символьных функций имеют следующий вид:

$$\begin{bmatrix} \frac{du_{c6}}{dt} \\ \frac{di_{L4}}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{C(R5+R7)} & \frac{R7}{C(R5+R7)} \\ \frac{R7}{L(R5+R7)} & -\frac{R5R7}{L(R5+R7)} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u_{c6} \\ i_{L4} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} \cdot U(t).$$

Сформированная математическая модель совпадает с математической моделью преобразователя напряжения, представленной в книге [6] и сформированной по другой методике.

Полученные уравнения соответствуют как включенному транзистору VT2, так и выключенному (тогда $U(t) = 0$).

В качестве примера применения сформированной математической модели выполним расчёт переходного процесса с помощью разработанного программного обеспечения. Результаты расчёта проверялись с помощью программной системой MicroCap 11, в которой используется совершенно другой подход к расчёту переходного процесса.

Для решения задачи Коши использован явный метод Рунге-Кутты 4 порядка [5].

Частота широтно-импульсной модуляции равна 100кГц, скважность равна 0.5. Использовались идеальные модели транзистора и диода. Использовалось нулевое значение сопротивления $R5$ и нулевые начальные значения переменных состояния. Шаг расчёта равен 0.1мкс.

Результаты моделирования с помощью разработанного программного обеспечения представлены на рис. 2.

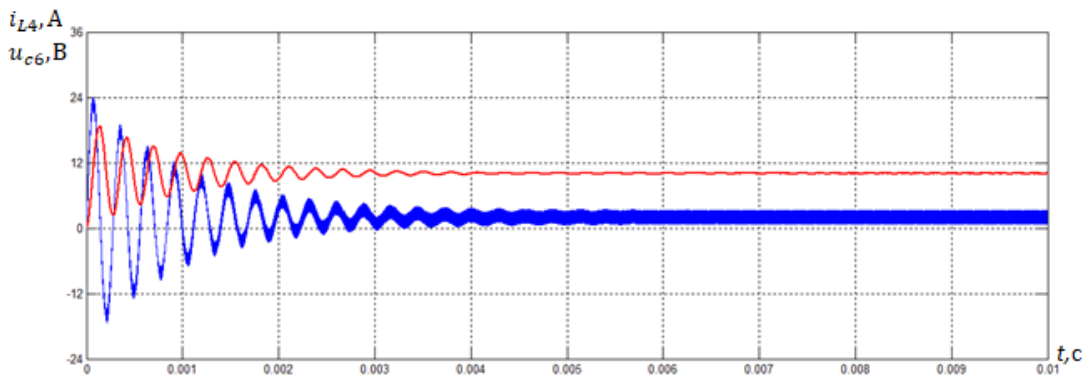


Рис. 2. Графики переходного процесса, полученные с помощью разработанного программного обеспечения (верхний график – i_{L4})

На рис. 3 представлены результаты моделирования с помощью программной системы MicroCap 11.

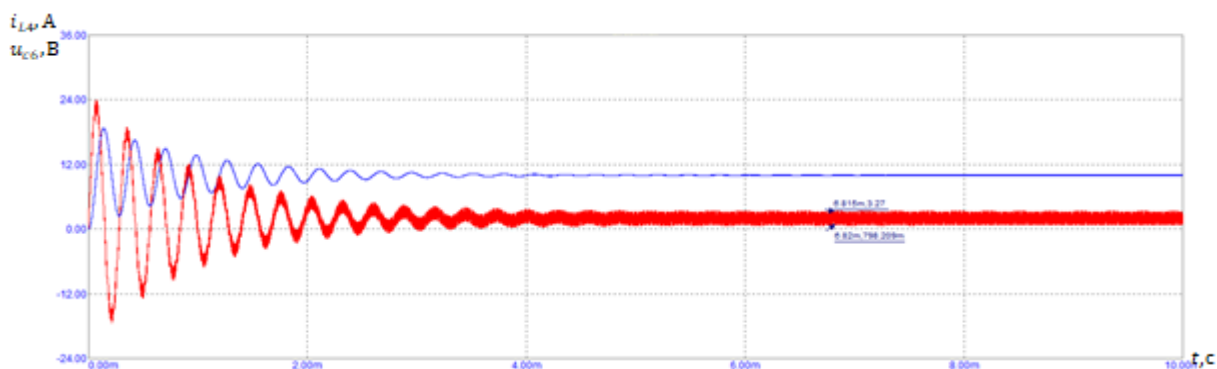


Рис. 3. Графики переходного процесса, полученные с помощью программной системы MicroCap 11

Сравнение результатов моделирования доказывает адекватность сформированной математической модели и высокую точность разработанного программного обеспечения.

Список цитируемой литературы

1. Савёлов Н.С. Новый подход к формированию уравнений состояния электронных схем // Изв. вузов. Электромеханика. 1986. №9. С. 72-74.
2. Савёлов Н.С. Формирование уравнений состояния при изменениях в электрических цепях // Изв. вузов. Электромеханика. 1987. №12. С. 13 – 18.
3. Савёлов Н.С., Лебедев И.С., Повторный многократный анализ электрических цепей без увеличения погрешности // Изв. вузов. Электромеханика. 2016. №3 (545). С. 18 – 24.
4. Сигорский В.П., Петренко А.И. Алгоритмы анализа электронных схем. - М: Сов. радио. 1976, 608 с.
5. Чуа Л. О., Лин Пен-Мин. Машинный анализ электронных схем: Алгоритмы и вычислительные методы // Энергия, 1980, 640с.
6. Daniel W. Hart. Power Electronics // Tara McGraw-Hill, 2011, 477с.

© Н.С. Савёлов, Лебедев, С.А. Гречаный, 2018

УДК 681.883

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДВОДНОЙ ЧАСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

А.П. Волощенко, e-mail: apvoloshhenko@sfedu.ru,

Г.В. Солдатов, e-mail: gsoldatov@sfedu.ru

Южный Федеральный университет, г. Тагнарог

В статье показана актуальность задачи контроля и диагностики технического состояния подводных частей гидротехнических и транспортных сооружений с помощью гидроакустических средств. В качестве примера рассмотрены результаты подводного обследования опор железнодорожного и автомобильного мостов. Работы проводились кафедрой электрогидроакустической и медицинской техники, института нанотехнологий, электроники и приборостроения, Южного федерального университета совместно с ООО «НЕЛАКС» в 2016 году. Кратко описаны методики проведения работ. Приведены основные параметры используемой аппаратуры: гидролокатора бокового обзора и параметрического профилографа. Приведен анализ полученных эхограмм и профилограмм. Показаны преимущества применения акустических средств над традиционными способами и методами.

Ключевые слова: опора, мост, техническое состояние, диагностика, гидролокатор бокового обзора, параметрический профилограф, эхограмма, профилограмма

DIAGNOSIS OF THE TECHNICAL STATE OF THE UNDERWATER PART OF TRANSPORT FACILITIES

A.P. Voloshchenko, G.V. Soldatov

Southern Federal University, Taganrog

The article shows the urgency of the problem of monitoring and diagnosing the technical condition of underwater parts of hydraulic engineering and transport structures using hydroacoustic means. As an example, the results of an underwater survey of railway and automobile bridge supports are considered. Surveys were carried out by the department of Hydroacoustic and Medical Engineering, institute of Nanotechnologies, Electronics and Equipment Engineering, Southern Federal University in cooperation with LLC «NOLACS» in 2016. The methods of work are briefly described. The main parameters of the side-scan sonar and parametric profilograph are given. The analysis of received echograms and profilograms is given. The advantages of using acoustic means over traditional ways and methods are shown.

Keywords: bearing, bridge, technical state, диагностика, side-scan sonar, parametric profilograph, echogram, profilogram

Транспортные (ТС) сооружения являются важнейшими элементами инфраструктуры. Главная задача ТС заключается в обеспечении бесперебойного функционирования транспортных коммуникаций в сложных городских условиях, а также на железнодорожных и автомобильных сетях между населенными пунктами. К числу ТС относят, в первую очередь, мосты различного назначения [1]. Успешное социально-экономическое развитие Российской Федерации невозможно представить без строительства новых и поддержания в должном техническом состоянии уже существующих ТС.

В нашей стране, на крупнейших реках, было построено множество мостов. К настоящему моменту, возраст таких сооружений составляет многие десятилетия [1]. В процессе эксплуатации объектов, под влиянием нагрузок и воздействий происходит их износ. В результате сооружения достигают предельного состояния, при котором их дальнейшая эксплуатация недопустима из-за высокой вероятности возникновения аварии. Катастрофы на ТС приводят к существенным экологическим и экономическим убыткам, вследствие возникающей угрозы жизни и здоровья людей, нарушению транспортного и производственного процесса, повреждению сооружений, зданий и оборудования, а также причинению вреда окружающей природной среде.

Несмотря на статус объектов федерального значения, ТС в России зачастую не проходят периодическое техническое обследование [1]. За последние десятилетия во всем мире была зарегистрирована целая серия серьезных катастроф и аварий на ТС различного типа: на железнодорожных и автодорожных мостах и т.д. Все эти объекты объединяет наличие элементов конструкций расположенных под водой. При оценке эксплуатационного состояния сооружений, обращают внимание в основном на видимые, расположенные над уровнем воды, несущие элементы конструкции. Не учитывается тот факт, что все нагрузки собираются и передаются на находящиеся в прямом контакте с водой опорные конструкции, которые передают нагрузку через фундаменты на основание. Поэтому существует проблема недостаточной осведомленности о техническом состоянии частей сооружений, находящихся ниже уровня воды. В тоже время, официальными и главными причинами чрезвычайных происшествий на ТС, часто указываются возникшие на подводных элементах конструкции повреждения и дефекты. Они могут появиться вследствие недоброкачественного выполнения строительных работ,

нарушения правил технической эксплуатации, ошибками в проектной документации сооружения и т.д. [1]. Иногда повреждения подводных частей ТС приводят к повреждению их надводной части. К примеру, подмыв и просадка фундамента приводят к возникновению трещин в надводной части. По характерным особенностям в надводной части объекта можно предполагать о формировании дефектов под водой [1]. О причинах, проявлениях и возможных последствиях повреждений подводных частей ТС довольно подробно изложено в работе [2].

В подавляющем большинстве случаев для диагностики подводных частей ТС привлекаются водолазные или дайверские группы, оснащенные различным вспомогательным специализированным оборудованием [1]. В редких случаях водолаза заменяют дистанционно-управляемым аппаратом. Эффективность обоих способов определяется скоростью течения воды, температурой воды, загрязненностью воды, скоплениями льда, наличием органики в воде и т.д. К примеру, изменчивость скорости течения и большое количество растительности могут существенно повысить стоимость обследования и значительно увеличить его длительность. Необходимо отметить, что на данный момент, объем работ связанных с диагностикой подводных частей ТС в РФ значительно превышает возможности существующих водолазных групп. Сведения об использовании гидроакустических средств для мониторинга технического состояния подводных частей ТС были обнаружены всего в нескольких работах [1, 3]. В тоже время, гидроакустические способы обследования обладают рядом преимуществ, позволяющих повысить эффективность водолазного обследования.

Кафедра электрогидроакустической и медицинской техники, института нанотехнологий, электроники и приборостроения, Южного федерального университета (ЭГАиМТ ИНЭП ЮФУ) совместно с ООО «НЕЛАКС» уже более 15 лет занимается подводным обследованием инженерных сооружений [4, 5]. Сотрудники кафедры ЭГАиМТ для проведения диагностических работ подводных частей ТС используют два типа гидроакустической аппаратуры: параметрический профилограф (ППФ) и гидролокатор бокового обзора (ГБО). ППФ обладает узким безлепестковым лучом на низких частотах. Что позволяет исследовать структуру грунта и обнаружить объекты в грунте на глубине до 10-50 м. Поэтому ППФ может применяться для контроля положения подгрунтовых частей сооружения. ГБО позволяет получить изображение поверхности дна водоема, определить рельеф дна, найти различные объекты на дне, а также обнаружить дефекты подводной части сооружения. Чтобы наглядно продемонстрировать возможности гидроакустической аппаратуры, рассмотрим результаты работы по акустическому исследованию дна и профилированию донных осадков в районе автомобильного и железнодорожного мостов на р. Северский Донец.

Инженерные изыскания содержали в себе три составляющих. Исследование поверхности дна ГБО с целью определения наличия и местоположения объектов, представляющих опасность для проведения дальнейших работ. Исследование верхней части донного грунта с целью определения его структуры и заиленных объектов. Исследования состояния подводной части опор моста на предмет размыва грунта и повреждений.

Методика съемки заключалась в проходе катером по заданному маршруту и профилированию дна и донных осадков ППФ. Съемка рельефа поверхности дна ГБО осуществляется при проходе по маршруту профилирования. Траектория движения по маршруту контролировалась системой спутниковой навигации GPS. В

результате была получена своеобразная карта дна в виде панорамы поверхности дна и вертикальных разрезов донного грунта. Полученные данные позволят оценить структуру, тип, состав донных осадков и определить их вертикальную и горизонтальную изменчивость.

Эхограммы получены с помощью ГБО с рабочими частотами 240 и 290 кГц. Полоса излучаемого широкополосного сигнала составляла 32 кГц. Широкая полоса излученного сигнала позволяет получить высокую разрешающую способность по расстоянию. Длительность зондирующего импульса составляла 32 мс. Длинный излучаемый импульс позволяет увеличить энергию излучаемого сигнала, что приводит к расширению области просматриваемого района дна реки. Ширина характеристики направленности ГБО в горизонтальной плоскости составила 1 градус. Тем самым обеспечивая высокую разрешающую способность ГБО в горизонтальной плоскости.

Профиллограммы получены с помощью ППФ типа ПГЛ-101. Он обладает следующими параметрами: 1) полоса рабочих частот – от 7 до 15 кГц, 2) длительность импульса – 8 мс, 3) вид сигнала – ЛЧМ с девиацией 8 кГц; 4) ширина характеристики направленности параметрической антенны – 3 градуса во всем диапазоне рабочих частот, 5) средняя частота сигнала накачки – 140 кГц.

Исследование состояния подводной части опор мостов заключалось в проходе катером вблизи опоры и получении эхограмм. Для удобства предоставления результатов работы назначим опорам автомобильного моста номера от 1 до 3 в направлении с юга на север. Стороны опор определим в соответствии с сторонами света: северная, южная, западная и восточная. Направление движения катера параллельно мосту будем определять в соответствии со сторонами света, на север и на юг, а при перпендикулярном движении – в соответствии с направлением течения реки (обозначено стрелкой на рисунке 1).



Рис. 1 – Район обследования состояния подводной части мостов

При анализе полученных с ППФ данных было выявлено, что в этом районе дно песчаное. Имеются места с мягким дном (илистые отложения). Глубина реки увеличивается в направлении левого берега, достигая значения 5 м в канале вблизи левого берега.

Поэтому примерно на расстоянии 25 м от левого берега расположена промоина. У основания опор моста нанесен песчаный грунт. Между опорами автомобильного и железнодорожного моста вымыты ямы. В ямах накапливаются осадки илесто-песчаного типа.

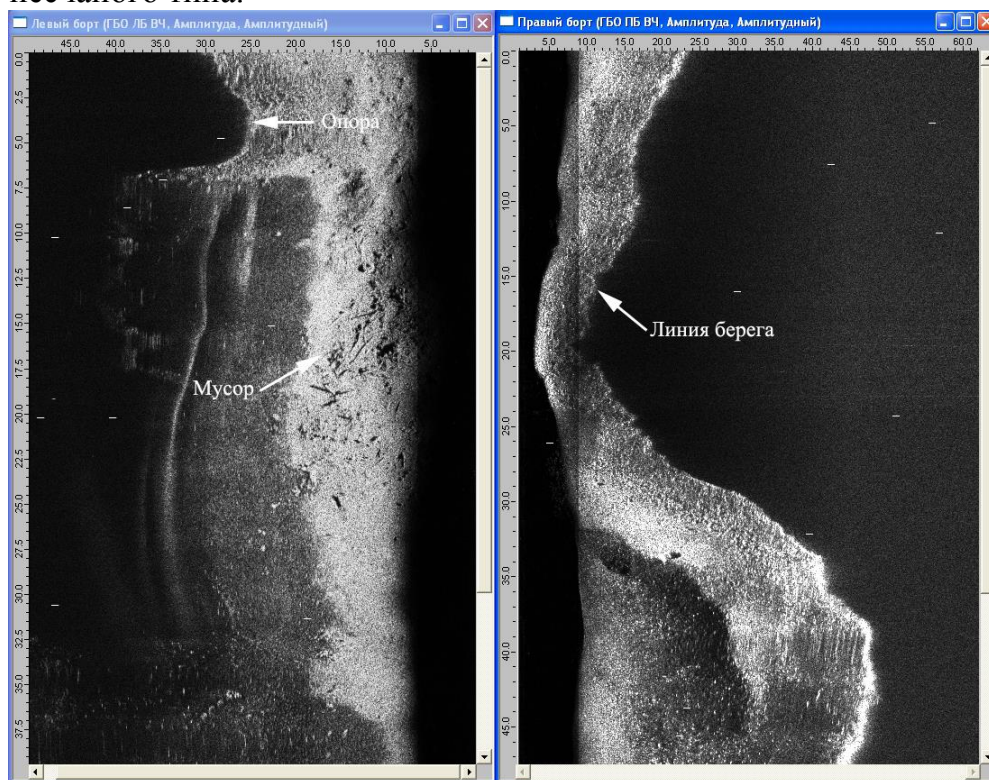


Рис. 2 – Северная сторона 3-й опоры автомобильного моста при движении против течения

При анализе полученных с ГБО результатов было выявлено, что на поверхности дна имеются скопления мусора (покрышки, куски арматуры и труб). Поверхность дна в районе работ однообразна с незначительными намывами песка, имеются вымоины у опор моста. У второй опоры (перед опорой) расположены две сваи.

В результате выполнения работы было оценено состояние поверхности речного дна и структуры верхней кромки осадочного чехла, были определены места нахождения объектов (вероятно, строительного мусора) на дне.

На рисунке 2 приведены акустические записи ГБО района, расположенного между северной стороной 3-й автомобильного моста и берегом. Опора присыпана грунтом. Имеются скопления мусора (покрышки, куски арматуры и труб) на поверхности дна.

На рисунке 3 приведены акустические записи ГБО в районе западной стороны 3-х опор автомобильного моста. Опоры присыпаны грунтом. Около 3-й опоры обнаружены сваи. Между 2-й и 3-й опорами автомобильного моста обнаружена промоина.

На рисунке 4 приведен профиль дна реки по линии перпендикулярной автомобильному мосту и расположенной на расстоянии 10 м от 3-й опоры автомобильного моста. Рельеф дна вблизи 3-й опоры автомобильного моста резко меня-

ется в пределах от 2 до 6 м глубины реки. Неоднородность рельефа дна обусловлена опорой моста. Отчетливо видна возвышенность, являющаяся подводным приложением насыпи под опору моста. Также присутствует характерная яма, расположенная за опорой моста относительно течения реки.

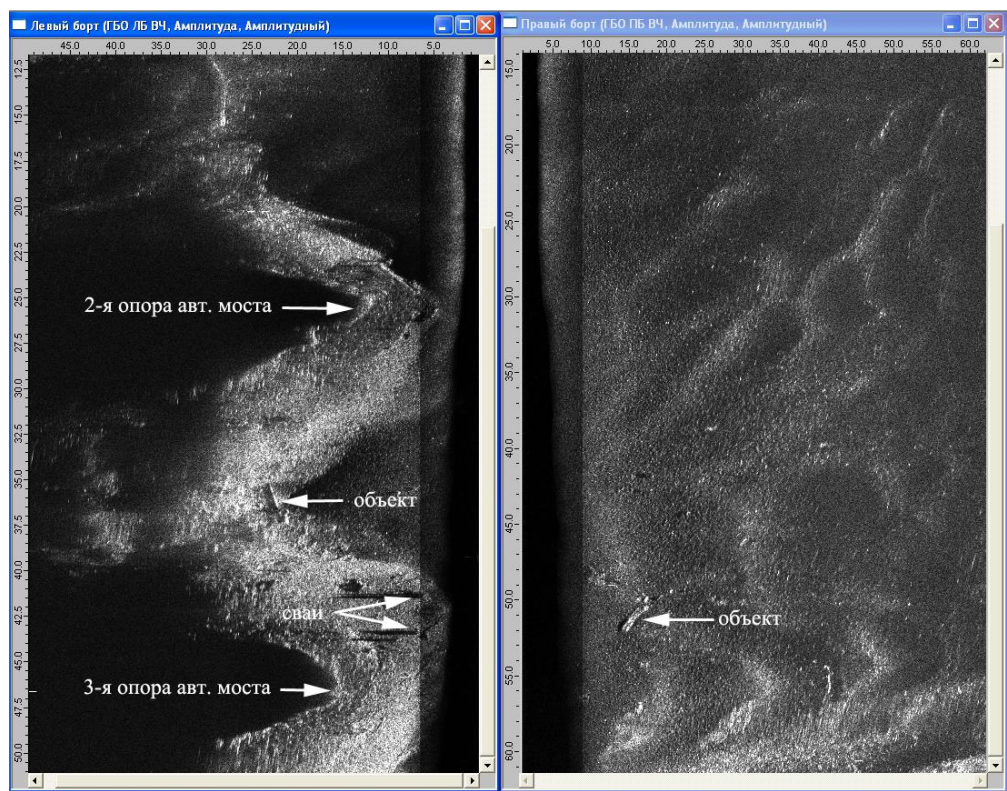


Рис. 3 – Западная сторона 2-х опор автомобильного моста при движении на юг

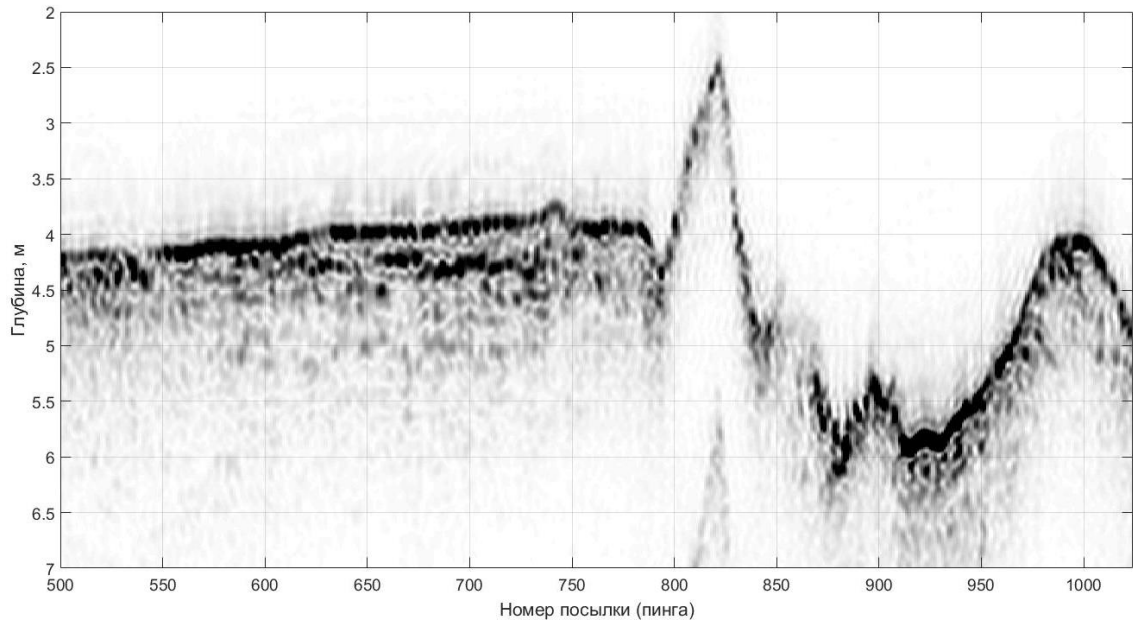


Рис. 4 – Профилограмма дна реки перпендикулярная автомобильному мосту

Применяемые в настоящее время методы и средства контроля состояние инженерных объектов морально устарели или близки к этому. Проведенные работы с использованием инновационных гидроакустических технологий убедительно показали свою эффективность при решении задач неразрушающего кон-

троля технического состояния подводных и подгрунтовых частей ТС, находящихся под водой. Гидроакустические средства могут дополнить существующие методы и способы мониторинга инженерных сооружений, тем самым значительно повысив качество и производительность контроля.

Стоит отметить, что гидроакустические средства могут применяться как для периодических обследований технического состояния подводной части ГТС и ТС, так быть частью высокоинформативного стационарного комплекса мониторинга инженерного сооружения и получать результаты в режиме реального времени. При периодических обследованиях ППФ и ГБО могут быть размещены как на надводных плавсредствах, так и установлены на подводных аппаратах.

Список цитируемой литературы

1. Кокодеев А.В., Овчинников И.Г. Обследование, мониторинг, выполнение ремонтных и восстановительных работ на подводных частях транспортных сооружений [Электронный ресурс] // Наукovedение: интернет-журнал. – 2014. – № 5 (24). – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/02KO514.pdf>.
2. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Шеин А.А., Грацинский В.Г., Вдовин К.М. Особенности подводного обследования транспортных сооружений 1. Повреждения подводной части транспортных сооружений // Интернет-журнал Наукovedение. – 2013. – № 6 (19). – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/49TVN613.pdf>.
3. Кокодеев А.В., Овчинников И.Г. Обеспечение безаварийной эксплуатации мостов и других транспортных сооружений путем обследования и мониторинга их подводных частей: состояние проблемы в России // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2015. – № 1. С. 69-87.
4. Воронин А.В., Воронин В.А., Пивнев П.П. К вопросу контроля положения подводных и заиленных частей опор мостов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2006. – № 12 (67). С. 86-88.
5. Волощенко А.П., Пивнев П.П., Солдатов Г.В., Тарасов С.П. Мониторинг технического состояния подводной части гидротехнических и транспортных сооружений гидроакустическими средствами // Гидротехническое строительство. 2017. – № 12. – С. 2-10.

© А.П. Волощенко, Г.В. Солдатов, 2017

УДК 004.056.53

АНАЛИЗ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ БЛОКЧЕЙНА

А.В. Анзина, e-mail: tosz@bk.ru, И.В. Анзин, e-mail: van356@mail.ru,
Северо-Кавказский Федеральный университет, г. Ставрополь

В данной статье рассматриваются важнейшие области применения технологии блокчейн, такие как банковская сфера, умные контракты, кибербезопасность, образование, голосование, «Интернет-вещей» и другие. Представлен процесс работы блокчейна. Данное исследование направлено на выявление текущих проблем при использовании блокчейна. Ими могут являться низкая скорость работы из-за криптографии, настройка и управление инфраструктурой, отсутствие надежных и эффективных технологических решений, отсутствие правового поля.

ANALYSIS OF THE FIELDS OF APPLICATION OF BLOKCHINE

A.V. Anzina, I.V. Anzin

North-Caucasian Federal University, Stavropol

This article discusses the development of the the most important areas of application of blocking technology, such as banking, smart contracts, cybersecurity, education, voting, «Internet-things» and others. The process of work of the detachment is presented. This study is aimed at identifying current problems with the use of blockage. They can be low speed due to cryptography, configuration and management of infrastructure, lack of reliable and effective technological solutions, lack of right field..

В настоящее время использование технологии Блокчейн имеет огромное значение в финансовом секторе, однако эту технологию можно применять в различных сферах. Данное исследование направлено на изучение отраслей применения Блокчейна.

Блокчейн – это распределенная база данных, которая хранит информацию обо всех транзакциях участников системы в виде «цепочки блоков». Доступ к реестру есть у всех пользователей блокчейна, выступающих в качестве коллективного нотариуса, который подтверждает истинность информации в базе данных. Блокчейн может применяться для финансовых операций, идентификации пользователей, создания технологий кибербезопасности и др.

Рассмотрим основную идею технологии Блокчейна: распределенный реестр или база данных, запущенная одновременно на множестве, распределенных по всему миру между различными пользователями и организациями. Уникальность блокчейна заключается в неизменности или необратимости, которую гарантирует криптографическая система защиты. Например, когда транзакции из реестра сгруппированы в блоки и записываются в базу данных, запись предваряет криптографическая верификация, в результате чего изменить состояние реестра путем каких-либо махинаций практически невозможно. В пользу доверия к блокчейну говорит и то, что любые изменения данных в цепочке блоков возможны, только если участники сети подтверждают легитимность транзакции в соответствии с общими правилами и протоколами.

У технологии блокчейн имеются следующие преимущества: в других системах хранения все данные обрабатываются в едином сервере – это главный центр, и если его взломать – информация будет утеряна. Весь смысл цепочки блоков именно в том, что единого центра нет, и каждый блок хранит информацию о предыдущем. Блокчейн обладает таким свойством, как неизменность. Данные, хранящиеся в блокчейне, невозможно поменять или подделать. Даже если взломать и подменить информацию в одном из блоков – дальше него дело не пойдет, потому что другие блоки тоже зашифрованы. А также данная технология обладает открытостью и прозрачностью.

Благодаря исследованным свойствам блокчейна, его можно использовать в различных сферах. Например, в банковской сфере: блокчейн, будучи защищенным цифровым реестром, может выполнять функции безопасного хранения и передачи имеющих ценность активов. Данная технология позволит сэкономить банкам большое количество средств, за счет упразднения посредников в транзакциях.

За счет внедрения технологии блокчейн, которая считается более надежной по сравнению с традиционными системами, можно будет добиться повышения криптобезопасности, так как передача данных строго проверяется и осуществляется с использованием продвинутых криптографических методов.

Если многие образовательные учреждения перейдут на прозрачную документацию, используя блокчейн, мошенников в этой сфере станет меньше, а также можно будет избавиться от ручных проверок бумажных документов.

При помощи построенной на блокчейне платформы для голосования, голоса можно будет отдавать через мобильные устройства.

IBM и Samsung работают над концепцией Adept, предполагающей использование подобной блокчейну технологии для создания децентрализованной сети

из огромного количества различных устройств «интернета вещей», которые смогут взаимодействовать друг с другом для автономной установки обновлений, устранения ошибок и управления питанием.

В 2015 году компании Visa и DocuSign создали специальное программное обеспечение на базе блокчейна для повышения удобства оплаты аренды автомобиля и совершения лизинговых платежей за него. Платежи автоматически списываются по мере эксплуатации транспортного средства согласно договору. Подобное же решение может использоваться при продаже машин и постановке их на учет.

На рынках технологий прогнозирования и проведения исследований, анализа и консалтинга может произойти перелом в результате внедрения блокчейна. Примером является онлайн-платформа предсказаний Augur. При помощи блокчейна сервис намерен децентрализованно предлагать услуги ставок не только на спорт и акции, но и на результаты выборов, вероятность стихийных бедствий и т.п.

А также блокчейн применяют в области соблюдения нормативных требований, в сфере воздушных перевозок, при совместном использовании автомобилей, торговлей акциями, поставки продуктов питания.

При подробном изучении блокчейна были выявлены некоторые проблемы. Серьезным препятствием на пути широкого внедрения блокчейна часто называют скорость работы. По производительности блокчейны значительно уступают традиционным базам данных, и на то есть причина: криптографический компонент, который, собственно, и дает блокчейну столь важные преимущества, подразумевает сложные вычисления. Конечно, над повышением производительности блокчейнов активно работают.

Еще одна проблема для организаций, экспериментирующих с технологией – настройка и управление инфраструктурой для поддержки блокчейн-решений. Команды, которые занимаются информационной безопасностью, транзакциями, облачными вычислениями и многими другим процессами, начинают внедрение блокчейна, позиционируя технологию в своих компаниях как новое решение для работы с данными и кодом. При этом упомянутый процесс может быть весьма разрушительным – в частности, потому что пока не существует наработанных методик его успешной реализации. Существуют и другие проблемы, например: отсутствие надежных и эффективных технологических решений и отсутствие правового поля.

В результате данного исследования можно сделать вывод, что технология блокчейн, благодаря своим преимуществам, достаточно актуальна и может применяться в различных сферах. Однако, блокчейн имеет некоторые недостатки, над которыми необходимо работать.

Список цитируемой литературы

1. Блокчейн: Схема новой экономики/Мелани Свон: Москва: Издательство «Олимп-Бизнес», 2017
2. Беломытцева О.С. О понятии криптовалюты биткоин в рамках мнений финансовых регуляторов и контексте частных и электронных денег//ПУФ. 2014. №2.
3. Брюхов О. В. Биткоин и его развитие в современной экономике//Электронный вестник Ростовского социально-экономического института. 2014. №2.

© И.В. Анзин, А.В. Анзина, 2018

АНАЛИЗ ПЛАТЕЖНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИНТЕРНЕТ- ОПЛАТЫ

А.В. Анзина, e-mail: tosz@bk.ru, И.В. Анзин, e-mail: van356@mail.ru,,

Северо-Кавказский Федеральный университет, г. Ставрополь

В данной статье рассматриваются современные платежные системы, предназначенные для проведения интернет-платежей, такие как «Яндекс.Касса», «ROBOKASSA», «Сбербанк России», «Тинькофф Оплата» и другие. Проводится сравнение данных систем оплаты, в результате чего выявляются их преимущества и недостатки. Приводится общая схема работы платёжных систем и актуальные способы оплаты: при использовании банковской карты, с помощью дистанционного банковского обслуживания или Интернет-банкинга, а также использование электронных кошельков. В ходе данного исследования рассматриваются угрозы безопасности проведения онлайн-платежей и приводятся рекомендации, помогающие снизить вероятность стать жертвой мошенников.

ANALYSIS OF PAYMENT SYSTEMS FOR INTERNET PAYMENTS

A.V. Anzina, I.V. Anzin

North-Caucasian Federal University, Stavropol

This article discusses the development of the modern payment systems designed for Internet payments, such as Yandex.Kassa, ROBOKASSA, Sberbank of Russia, Tinkoff Pay and others. Comparison of payment system data is carried out, as a result of which their advantages and disadvantages are revealed. The general scheme of payment systems operation and actual methods of payment are given: using a bank card, using remote banking or Internet banking, and using electronic purses. This study examines threats to the security of online payments and provides recommendations to help reduce the likelihood of becoming a victim of scammers.

В современном мире электронная оплата является неотъемлемой частью нашей повседневной жизни: безналичные платежи предприятий, перечисление заработной платы, управление собственными вкладами, покупка товаров в интернет магазинах и оплата коммунальных услуг.

Существование различных методов проведения данных онлайн-платежей и огромное количество платёжных систем, приводит к необходимости сравнить и выявить наиболее удобный и безопасный с точки зрения уязвимостей к действиям мошенников метод оплаты.

Рассмотрим некоторые способы проведения интернет-платежей. Если оплата в Интернете производится банковскими картами (МИР, Visa, MasterCard, и т.д.), то данный метод называют карточной платёжной системой.

Существуют операторы цифровой наличности, при этом оплата производится некой внутренней валютой, так называемой цифровой наличностью, которую можно обналичить у соответствующих участников электронной платёжной системы (WebMoney, Яндекс.Деньги и др.). Взаимодействие карточных систем и операторов цифровой наличности представляет собой платёжные шлюзы, которые предоставляют широкие возможности для взаимной конвертации и способов оплаты товаров и услуг в Интернете.

Исследуем общую схему работы платёжных систем, для того чтобы разобраться на каком этапе возможны угрозы безопасности. Покупатель оформляет заказ на товары или услуги на веб-сайте интернет-магазина, далее формируется заказ с уникальным номером. Информация о заказе передается платёжному сервису, а покупатель перенаправляется на специальный сайт платёжной системы.

На сайте платёжной системы покупатель может выбрать способ оплаты (платёжная карта, электронные деньги), ввести данные о платёжной карте. Платёжный сервис проверяет введенные данные и, если всё хорошо, проводит платёжную транзакцию. При этом обеспечивается необходимый уровень безопасности проводимых транзакций. В случае успешной или неуспешной транзакции платёжная система возвращает покупателя на сайт интернет-магазина, а серверу интернет-магазина сообщает о результатах операции.

Организации по переводу денежных средств применяют разные способы защиты, но ни один из этих способов не дает стопроцентной гарантии безопасности. Наибольший риск для электронных платёжных систем – это кибермошенничество. В любой форме электронных платежей мошеннику достаточно каким-то образом узнать имя пользователя в системе и секрет, используемый для подтверждения личности плательщика (код CVC/CVV, пароль и т.п.). Для этого применяются разные способы, но к наиболее распространенным можно отнести нижеперечисленные.

На веб-сайтах интернет-магазинов и операторов очень часто появляются уязвимости, позволяющие мошенникам «внедрить» в код веб-страниц собственный программный код, который будет выполнен браузером пользователя. Таким образом это позволит извлечь из браузера пароли и данные кредитных карт и сформировать от имени плательщика фальшивые платёжные поручения.

Большую популярность среди мошенников приобрел фарминг – использование дубликатов веб-сайтов интернет-магазинов и операторов. Оформляя оплату через поддельный веб-сайт оператора пользователь своими руками передает злоумышленникам свои имя, пароль и одноразовый пароль, необходимый для подтверждения платежа.

Как правило, мошенники обнаруживают уязвимости браузеров, популярных модулей расширения к ним и, конечно, операционных систем персональных компьютеров в считанные часы после выхода новых версий программ. Знание данных уязвимостей позволяет хакерам массово заражать компьютеры, внедряя вредоносный код на популярных развлекательных веб-сайтах и сетях баннерной рекламы (часто даже внедряя его в изображения и флеш-ролики). Результатом становится создание целых сетей (ботнетов), насчитывающих миллионы зараженных компьютеров. Бот, размещенный на зараженном компьютере, позволяет мошеннику удаленно управлять им, перехватывать данные (в том числе – необходимые для выполнения платежей) и даже выполнять платежи непосредственно с управляемого компьютера.

Использование интернет-платежей связано с определенным риском, чтобы его уменьшить, следует соблюдать определенные правила: использовать услуги SMS-информирования, одноразовые, надёжные пароли, виртуальные платёжные карты, соблюдать рекомендации по использованию платёжных карт, ознакомиться с правилами предъявления претензий по мошенническим платежам, не оплачивать товары и услуги с непроверенных компьютеров, не использовать карты с большим лимитом.

Рассмотрим некоторые платёжные системы подробнее: ASSIST – это мульти-банковская система платежей по пластиковым и виртуальным картам через Интернет, позволяющая в реальном времени производить авторизацию и обработку транзакций. В дополнение к стандартному набору карт VISA, MasterCard, имеется возможность оплаты электронной наличностью – WebMoney, Яндекс.Деньги, e-port,

QIWI, Kredit Pilot в рамках единого пользовательского интерфейса. Имеется возможность изменения дизайна платёжных страниц. Интернет-магазин должен заключить договор с ASSIST и уполномоченным банком, через который ASSIST будет переводить поступившие за товар или услуги платежи. В зависимости от вида товаров и услуг интернет-магазина возможно потребуются внести страховой депозит.

ROBOKASSA – это сервис, позволяющий интернет-магазинам принимать платежи от клиентов с помощью банковских карт, электронных денег, сервисов мобильной коммерции (МТС, Мегафон, Билайн), интернет-банков России, банкоматов, терминалов мгновенной оплаты, системы денежных переводов Contact. Отсутствует минимальный объем транзакций, который должен проходить через ROBOKASSy.

В результате данного исследования можно сделать вывод, что электронные платежи актуальны, удобны, помогают сократить расход времени. При этом у всех методов оплаты существуют примерно одинаковые уязвимости, однако соблюдая перечисленные правила, их можно свести к минимуму.

Список цитируемой литературы

1. О национальной платежной системе: Федеральный закон Российской Федерации // Собрание законодательства Российской Федерации. – М., 2011. – Вып. 27.
2. Анзина А. В., Анзин И. В. Анализ угроз безопасности при проведении онлайн-платежей // Сборник статей XII международной научно-практической конференции, часть I, Москва: «Научно-издательский центр «Актуальность.РФ», 2018. – 228 с.
3. Афолина С.В. Электронные деньги - СПб.: Питер, 2001. – 128с.

© И. В. Анзин, А.В. Анзина, 2018

УДК 624.011.78

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ НАТЯЖЕНИЯ ПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.В. Игнатьев, e-mail: vova3286@mail.ru, **А.А. Пушнина**, e-mail: a.pushnina@mail.ru, **В.В. Соловьев**, e-mail: soloviev-tti@mail.ru,

Южный Федеральный университет, г. Таганрог

Целью работы является анализ возможных методов оценки натяжения пластичных материалов для реализации системы управления процессом производства композитных армирующих изделий сложной формы. Представлен технологический процесс производства композитной арматуры Г-образной формы. В основу технологии производства положен принцип придания требуемой формы заготовки до окончания процесса ее отвердевания. Поэтому важной задачей является оценка натяжения композитного материала ввиду его пластичности в процессе производства. Проведен анализ следующих методов оценки натяжения пластичных материалов: с применением датчиков натяжения, на основе косвенной оценки по току двигателей и интеллектуальный метод оценки натяжения с применением анализа видеоизображений. Представлены результаты сравнительного анализа рассмотренных методов на основе экспертных оценок.

Ключевые слова: пластичные материалы, оценка натяжения, синхронизация скоростей электроприводов, композитная арматура.

ANALYSIS OF METHODS OF PLASTIC MATERIALS TENSION ASSESSMENT

V.V. Ignatyev¹, A.A. Pushnina¹, V.V. Soloviev¹

Southern Federal University, Taganrog

The main purpose of this paper is the analysis of methods of plastic materials tension assessment to implement the control system of production the composite reinforcing products with complex shape. The technological process of the Г-shaped composite reinforcement production is presented. The technology of production is based on the principle of shaping the workpiece before the end of the process of curing. Therefore, an important task is to assess the tension of the composite material due to its plasticity in the production process. It's made the analysis of the following methods of the plastic materials tension assessment: with the use of tension sensors, on the basis of indirect assessment of engine's current and the intelligent method of tension assessing with the use of analysis of video images. The results of a comparative analysis of the considered methods on the basis of the expert assessments is presented.

Keywords: plastic materials, tension assessment, actuators speed synchronization, composite rebar.

Введение. Композитная неметаллическая арматура широко применяется в строительстве как в России, так и за рубежом. Строительные организации широко используют стеклопластиковую арматуру при возведении зданий и сооружений. По сравнению со стальной арматурой, стеклопластиковая более прочная на растяжение, обладает коррозионной стойкостью, имеет малый удельный вес и коэффициент теплопроводности, является диэлектриком, а также имеет улучшенные показатели прочности сцепления с бетоном. При этом стоимость стеклопластиковой арматуры при прочих равных условиях меньше, чем стальной [1].

Однако строительные организации до сих пор не могут отказаться от применения стальной арматуры при армировании колон и углов фундамента в силу отсутствия отработанной технологии производства гнутой композитной арматуры. Известен способ производства композитной арматуры сложной формы, заключающийся в том, что готовый композитный стержень нагревается и в месте нагрева изгибается [2]. При этом показатели качества таких изделий в одной партии неодинаковы, нарушается геометрия и понижается прочность изделий в месте изгиба.

Авторами разрабатывается новая технология производства композитных армирующих изделий сложной формы, отличающаяся тем, что требуемая форма арматурному стержню придается еще до конца процесса его полной полимеризации. При этом отмечается лучшие показатели качества конечного изделия по сравнению технологией, основанной на нагреве и изгибе.

Внедрение данной технологии предусматривает изготовление надстройки над существующей линией по производству прямой композитной арматуры на предприятии ООО «РостовКомпозит» [3]. Арматура в пластичном состоянии поступает в узел формовки, представляющий собой барабан квадратной формы, приобретает Г-образную форму, затем сушится, охлаждается и режется (см. рис. 1). В результате данного технологического процесса получается готовый продукт, т.е. композитная арматура Г-образной формы.

При таком производстве гнутой арматуры требуется реализация системы синхронизации скоростей линии и привода барабана, при этом важной задачей является измерение натяжения композитного материала, что затруднительно из-за его пластичности на выходе технологической линии. При этом требуется поддерживать такое натяжение арматуры, чтобы не допускать ее чрезмерного натяжения и провисания при намотке на барабан.

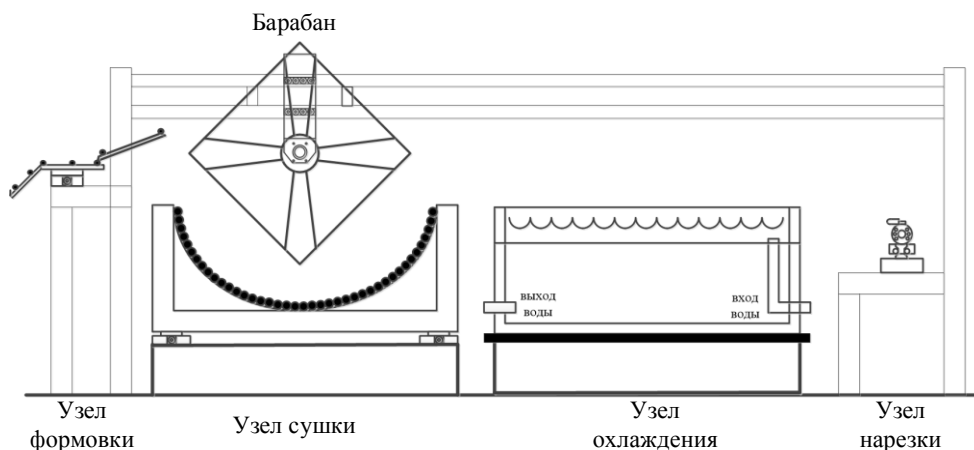


Рис.1. Технологический процесс производства композитной арматуры сложной формы

В данной работе рассмотрены следующие методы оценки натяжения композитного материала: на основе косвенной оценки по току двигателей, с применением датчиков натяжения и интеллектуальный метод оценки натяжения с применением анализа видеоизображений.

Косвенная оценка по току двигателей (электроприводов). Задачей электропривода барабана для намотки арматуры является поддержание ее натяжения. Самое высокое качество композитной арматуры будет достигнуто в случае, если скорость электропривода барабана будет синхронизирована со скоростью электропривода участка по производству прямой композитной арматуры.

Момент на валу наматывающего устройства включает в себя следующие составляющие [3]:

$$M = M_{пол} + M_{пот} + M_{дин}, \quad (1)$$

где $M_{пол}$ – полезный момент, т. е. момент, необходимый для создания заданного натяжения F ; $M_{пот}$ – момент, необходимый для преодоления потерь в системе «двигатель – механизм»; $M_{дин}$ – динамический момент, обусловленный ускорением намоточного устройства при разгоне и торможении и изменением шага намотки на барабан.

В зависимости от условий работы соотношения между этими моментами могут быть различны. Полезный момент определяется значением усилия F , и в ряде случаев значительно превышает значение момента потерь, что позволяет пренебречь влиянием последнего на работу системы.

В процессе намотки арматуры полезный момент определяется выражением

$$M_{пол} = F \cdot \Delta k, \quad (2)$$

т. е. при постоянном усилии натяжения $F = \text{const}$ он прямо пропорционален шагу намотки. Полезная мощность определяется выражением

$$P_{пол} = F \cdot V, \quad (3)$$

где V – скорость двигателя.

Полезная мощность при постоянном натяжении полотна, независимо от шага намотки, пропорциональна скорости полосы.

Если двигатель через редуктор вращает вал, на который наматывается композитный материал, то его скорость должна изменяться в соответствии с выражением

$$\omega = V \cdot i / \Delta k, \quad (4)$$

где i – передаточное число редуктора.

Отсюда видно, что при данном значении V диапазон регулирования скорости двигателя равен диапазону изменения шага намотки.

Системы с косвенным измерением натяжения, т.е. по одной из величин или по их комбинации, меняющейся в функции F , имеют широкое распространение.

Выражения (2) и (3) могут служить основанием для оценки возможностей построения системы с косвенным измерением натяжения. Если пренебречь разницей между моментом на валу двигателя и полезным моментом, считая, что влияние двух последних слагаемых в выражении (1) либо ничтожно мало, либо будет скомпенсировано, а также пренебречь потерями вращения электродвигателя на выходе линии по производству прямой композитной арматуры, то можно сказать, что электромагнитный момент двигателя должен изменяться по закону

$$M_{эм} = F \cdot \Delta k / i.$$

С другой стороны,

$$M_{эм} = c_d \cdot \Phi \cdot i_{я}.$$

где $M_{эм}$ – электромагнитный момент двигателя, c_d – постоянный коэффициент, Φ – магнитный поток, $i_{я}$ – передаточное число якоря,

В результате сравнения этих выражений может быть сформулирован наиболее распространенный закон косвенного регулирования натяжения: при заданном постоянном натяжении F надо поддерживать постоянным якорный ток, меняя поток возбуждения двигателя пропорционально радиусу барабана.

Недостатком системы с косвенным измерением является необходимость введения поправки для учета статических потерь ($M_{ном}$). Учет потерь вследствие их неопределенности и сложной зависимости от многих факторов часто оказывается затруднительным. При работе с большими значениями натяжений потери составляют небольшую часть общей мощности и их изменение не влияет сколько-нибудь заметно на точность поддержания натяжения. При малых значениях натяжения, что характерно для производства композитной арматуры, роль потерь возрастает и погрешность от их неточного учета может оказаться значительной.

Оценка на базе датчиков натяжения. Обычно даже натянутый композитный материал, проходящий между выходом линии по производству прямой арматуры и намоточным устройством, провисает под действием собственного веса. Изменение натяжения приводит к изменению положения арматуры в пространстве. Это позволяет использовать в качестве датчиков натяжения устройства, измеряющие отклонение положения полосы от заданного и преобразующие его в электрический сигнал.

Другим распространенным способом измерения натяжения является измерение натяжения при помощи тензометрических датчиков. Тензорезистивный датчик обычно представляет собой специальную упругую конструкцию с закреплённым на ней тензорезистором и другими вспомогательными деталями. После калибровки, по изменению сопротивления тензорезистора можно вычислить степень деформации, которая будет пропорциональна силе, приложенной к конструкции. Очевидно, что контактные способы измерения натяжения не могут применяться при производстве композитной арматуры из-за ее пластичности в процессе намотки на барабан.

Интеллектуальный метод оценки натяжения композитного материала. Применительно к исследуемому процессу производства можно осуществлять оценку натяжения композитного материала путем интеллектуального распознавания изображения в кадре с применением видеокамеры. Для распознавания арматуры между линией по производству прямой арматуры и узлом формовки производственного участка по приданию арматуре изогнутой формы устанавливается

камера. В реальном времени изображение, получаемое от камеры, поступает в блок оценки натяжения.

При распознавании изображения в видеокадре выделяются (рис. 2):

– область критического натяжения композитного материала: если материал целиком попадает в данную область, то это свидетельствует о его чрезмерном натяжении;

– область допустимого натяжения композитного материала: если материал целиком попадает в данную область, то это свидетельствует о его допустимом натяжении без сильных провисаний.

При распознавании изображения арматуры, получаемое в процессе контроля ее натяжения, преобразовывается в бинарный, черно - белый вид. Затем определяется количество черных пикселей, попадающих в области критического и допустимого натяжения композитного материала. На основании этого делается заключение о степени ее натяжения путем оценки приближения пикселей арматуры к выделенным областям.

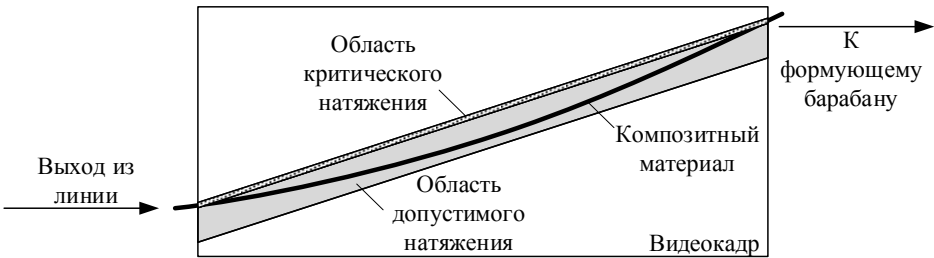


Рис.2. Детектирование изменения натяжения композитного материала

Сравнительный анализ методов оценки натяжения пластичных материалов. Результаты сравнения вышеизложенных методов оценки натяжения применительно к композитному материалу, который находится в пластичном состоянии в процессе производства композитной арматуры сложной формы, методом экспертных оценок сведены в табл. 1 [4].

Таблица 1

Метод \ Критерий	Точность оценки	Скорость оценки	Капитальные затраты	Не контакт с композитом	Интегральный показатель
Косвенная оценка по току двигателей	0,22	1	1	1	0,805
Оценка на базе датчиков натяжения	1	0,9	0,87	0	0,693
Интеллектуальные методы оценки	0,8	0,78	0,8	1	0,845

При вычислении оценок экспертами выступали представители предприятия ООО «РостовКомпозит». Из табл. 1 и рис. 3 видно, что интегральный показатель интеллектуального метода оценки натяжения, основанного на анализе видеоизображений превышает интегральный показатель метода косвенной оценки натяжения на 4,7% и метода оценки натяжения на базе датчиков натяжения на 18%. Низкую скорость интеллектуального метода оценки натяжения материала можно не учитывать как недостаток ввиду инерционности технологического процесса. Также стоит отметить, что недостатком метода оценки на базе датчиков натяжения является невозможность его применения ввиду пластичности композитного материала в процессе формовки.

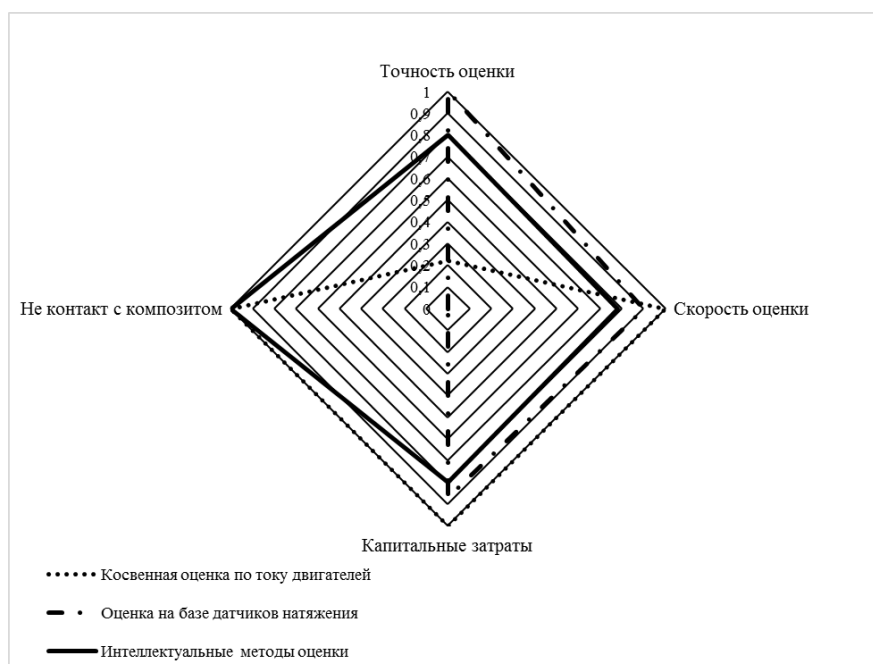


Рис. 3. Сравнительная диаграмма методов

Недостатком метода косвенной оценки по току двигателей является низкая точность оценки сравнительно с интеллектуальным методом оценки, так как незначительная деформация может не привести к изменению тока в двигателе. Однако даже незначительная деформация является следствием нарушения матрицы изделия, что приводит к снижению прочностных характеристик арматуры, а также других ее показателей качества.

Вывод. В данной статье был проведен анализ методов оценки натяжения применительно к процессу производства композитной арматуры сложной формы. Экспертное оценивание исследуемых методов позволило выбрать наиболее оптимальный метод оценки натяжения композитного материала. Для наиболее точного оценивания, а, следовательно, для получения наиболее качественных образцов, было принято решение применять интеллектуальный метод оценки на базе распознавания видеоизображения.

Список цитируемой литературы

1. Соловьев В.В., Пушнина А.А. Автоматизация производства композитной арматуры сложной формы. Информационные технологии, системный анализ и управление (ИТСАУ-2017) : сборник трудов XV Всероссийской научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов (16–19 ноября 2017 г.) / Южный федеральный университет; редкол.: В.И. Финаев, Е.А. Шестова, А.Е. Титов. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017.
2. Оборудование для производства гнутых композитных стержней [Электронный ресурс] // <http://www.zao-rif.ru/index.php/oborudovanie/kompozitnoe/85-gnutih-elementov> / Дата обращения: 6.02.2018.
3. ООО «Ростов композит» [Электронный ресурс] // <http://rostovcomposit.ru/> / Дата обращения: 6.02.2018.
4. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. - Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. - 382 с.
5. Финаев В.И., Синявская Е.Д., Пушнина И.В. Алесинская Т.В. Анализ экспертной информации. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 203 с.

СИМВОЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ФАЗОЙ СИГНАЛА В ВОЛНОВОМ НЕЛИНЕЙНОМ ЭЛЕМЕНТЕ

П.Ю. Волощенко, e-mail:petrvoloshchenko@mail.ru, **Ю.П. Волощенко**,
e-mail:yvoloshchenko@yandex.ru, **А.Н. Карпук**, e-mail:carpuk.irina@yandex.ru
Южный Федеральный университет, г. Ростов на Дону

В докладе приводятся результаты символьного анализа фазовых характеристик волнового нелинейного элемента, являющегося базовым оператором теории электронной цепи СВЧ. Подобное исследование инвариантных макромоделей сверхскоростных цифровых систем, спроектированных методом неавтономных блоков по технологии когерентной электроники, необходимо для минимизации их энергопотребления.

Ключевые слова: волновой нелинейный элемент, интегральные схемы СВЧ, оптимизация энергопотребления, когерентная электроника, метод неавтономных блоков, управление фазой сигнала в межсоединении, коэффициент мощности.

SYMBOLICAL ANALYSIS OF ELECTROSTATIC CONTROL OF THE SIGNAL PHASE IN WAVE NONLINEAR ELEMENT

P.Yu. Voloshchenko, Yu.P. Voloshchenko, A.N. Carpuk
Southern Federal University, Rostov on Don

The report provides the results of the symbolic analysis of wave nonlinear element phase characteristics, which is the basic operator of the electronic microwave circuit theory. This research of invariant macromodels for superfast digital systems designed by method of nonautonomous blocks according to the coherent electronics technology is necessary for minimization of their energy consumption.

Keywords: wave nonlinear element, microwave integrated circuit, energy demand optimization, coherent electronics, nonautonomous blocks method, signal phase control in the interconnection, power factor.

В настоящее время разработка микропроцессоров основывается на правилах двоичной арифметики и Булевой алгебры, таблицах истинности и картах Карно соответствующих принципу суперпозиции [1-6]. Однако традиционная формулировка операций И, ИЛИ, НЕ не отражает затраты колебательной мощности на электростатическое переключение полупроводниковых электронных приборов (ЭП), так как не учитывает инерционность и нелинейность композиции электродвижущих сил (ЭДС) в них. Поэтому главная проблема при конструктивном синтезе отечественной и зарубежной электронно-вычислительной аппаратуры (ЭВА) СВЧ на протяжении многих лет формулируется как повышенное энергопотребление и недопустимый нагрев, ограниченный диапазон тактовых частот сигналов и недостаточная сбоеустойчивость интегральных схем (ИС). Следовательно, необходима диагностика топологии соединений микроволновой системы ЭП и оптимизация их когерентной работы в суммарном (постоянном и переменном) электрическом поле с точки зрения увеличения коэффициента мощности. Она направлена на поиск оригинальных схемотехнических решений пространственно-временного строения сверхскоростных ИС в электромагнитном (ЭМ) поле, устраняющих перечисленные выше проблемы, характерные для современной микро- и наноэлектроники СВЧ.

В то же время известно [1-6], что режим энергосбережения сверхбыстродействующих триггеров можно реализовать только совместным проектированием ЭП и питающих проводов по технологии когерентной электроники. Она базиру-

ется на новом методе неавтономных блоков наглядно и достоверно синтезирующем кластерную структуру микросхем. В нем общепринятые алгоритмы реализации геометрии соединений логических элементов рассматриваются как исходная идентификация путей одновременной циркуляции постоянного и переменного тока по электронной волновой цепи (ЭВЦ). На рис.1 приведена конструктивно-технологическая схема оптимизируемого вентиля И (рис. 1), содержащего полевые транзисторы T1, T2, связанные проводниками в единое целое. Они сообщают формируют управляемую топологию волноведущих каналов кластера, представляющих собой необратимые четырехполюсники. Первоначальную символично-знаковую и буквенно-цифровую идентификацию конструктивной единицы ЭВА осуществляем феноменологическим и детерминированным дуальным способом, ориентированным на её диагностику методом гармонической линейаризации, справедливым при вольтамперных характеристиках (ВАХ) соседних НЭ любого типа. В свою очередь он обуславливает применение методов эквивалентных синусоид и комплексных амплитуд для аналитического расчета перераспределения интенсивности когерентных сигналов, модернизации гальванических и беспроводных соединений ЭП в существующих цифровых ИС. Кроме того, при формулировке законов электростатического управления ЭМ связями T1 и T2, создаваемой волноведущими каналами, применяем алгоритм минимизации количества переменных теории логического элемента СВЧ. Одновременно идеализированный электрический чертеж (рис.1) макромодели фрагмента конструкции ИС отображает базовый инвариант теории ЭВЦ в виде волнового нелинейного элемента (ВНЭ).

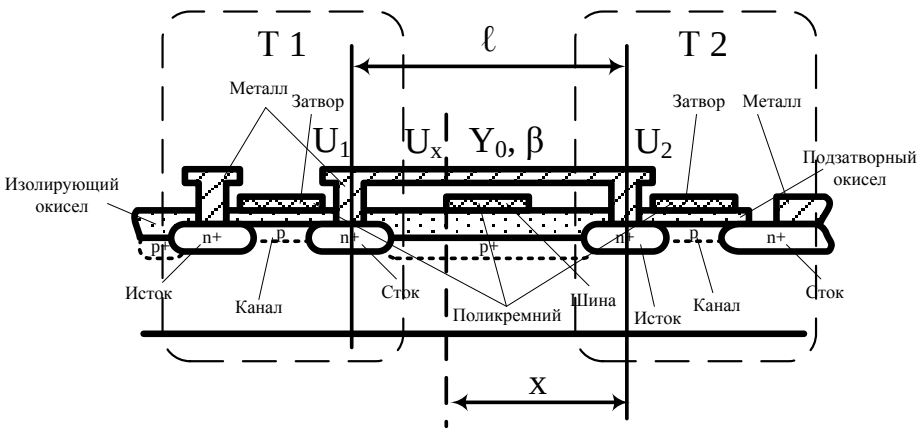


Рис. 1 – Схема конструкции волнового нелинейного элемента ИС.

Этот графический оператор логического элемента И образован отрезком эквивалентной двухпроводной линии, длиной l , без потерь и дисперсии, возбуждаемым согласованным первичным источником (ПИ) волн напряжения в сечении 1-1' за временной интервал, отвечающий длительности пролета электронов в транзисторах. На противоположном конце идеализированного канала транспортировки ЭМ поля находится вторичный источник (ВИ) ЭДС или сосредоточенный НЭ, обладающий мнимой $B_2(U_2, I_2)$ и вещественной $G_2(U_2, I_2)$, резистивной и негатронной $G_2(U_2, I_2) = G_{e2}(U_2, I_2) + G_{n2}(U_2, I_2)$ проводимостью СВЧ в зависимости от характеристик обратной связи T1, T2. Подобное замещение ЭП с электростатическим управлением обусловлено тем, что в один из полупериодов ЭМ колебаний он отдает, а в другой – потребляет колебательную энергию. Предлагаемое символично-знаковое и буквенно-цифровое обозначение комплексных операторов позволяет выделить са-

мые общие свойства систем ЭП СВЧ и сформировать дальнейший алгоритм исследования произвольной нелинейной зависимости фазы сигналов в рамках принципа дуализма теории ЭВЦ. Отметим, что макромодель резистивно- негатронного элемента допускает наглядное изучение СВЧ цепи без избыточной конкретизации внутреннего сопротивления и внешней характеристики ПИ и ВИ во времени и пространстве, степени положительной и отрицательной обратной связи, создаваемой соединительной линией, смежными ЭДС. Особенность проводимого теоретического исследования заключается в детерминации амплитудной зависимости изменения фазы сигнала вдоль интеграции дискретных ЭП, синхронно и дистанционно кратковременно влияющих друг на друга в общем ЭМ поле.

Тогда на исходной стадии теоретического исследования запишем результат совместного действия T1 и T2 в экспоненциальной и алгебраической форме

$$\dot{U}_x(\dot{I}_x) = |\dot{U}_x(U_2, I_2)| \exp(j\varphi_{Ux}) = \operatorname{Re}(\dot{U}_x(U_2, I_2)) + j \operatorname{Im}(\dot{U}_x(U_2, I_2)) \quad (1)$$

В аналитическом операторе (1) сосредоточенной макромодели логического элемента СВЧ слагаемые являются переменными, взаимосвязанными друг с другом параметрами ВНЭ. Дело в том, что динамическая «рабочая» точка на колебательных характеристиках ЭП СВЧ определяется мгновенными свойствами обратной связи и явлением интерференции между ними. Упомянутый признак существенно отличает активные и пассивные элементы теории Кирхгофа и ЭВЦ. Для оптимизации электрического строения кластера, находящегося в общем ЭМ поле, величины U_x, I_x, U_2, I_2 должны когерентно меняться в сечениях $x-x'$ линии и клеммах 2-2' НЭ. Поэтому одна из задач символьного анализа кластера формулируется как установление амплитудной закономерности мгновенного управления фазой однотонного сигнала ВНЭ в алгебраическом виде. С другой стороны, подобная формализация энергетических процессов СВЧ в совокупности полевых транзисторов при регулировке интенсивности ЭДС, требует записи уравнения её равновесного электрического состояния с помощью законов Кирхгофа.

На втором этапе диагностики ЭВЦ используем тригонометрическое решение уравнения Гельмгольца в виде стоячих волн напряжения

$$\dot{U}_x(U_2, I_2) = \dot{U}_2(U_2, I_2) \cos \theta_x + j \dot{I}_2(U_2, I_2) Z_0 \sin \theta_x \quad (2)$$

Здесь действительные амплитуды U_2, I_2 характеризуют произвольное положение «рабочей» точки на ВАХ сосредоточенного НЭ. Запись (2) нелинейной композиции сигналов в общем виде обусловлена тем, что распределение зарядов вдоль проводника и потенциал окружающего его электрического поля зависят от типа транзисторов, плотности потоков мощности СВЧ, передаваемой в разных направлениях по кондуктивным и беспроводным соединениям в ЭВА.

Для дальнейшего символьного анализа вынужденного режима и граничных условий ИС на основе алгоритма минимизации переменных теории ЭВЦ заменяем ЭП T2 параллельной макромоделью НЭ в нормированной импедансной трактовке, соответствующей волновому масштабу,

$$\dot{y}_2(U_2) = \dot{Y}_2(U_2)/Y_0 = g_2(U_2) + jb_2(U_2), \quad (3)$$

при воздействии ВИ волны напряжения, распространяющейся от зажимов 2-2' к сечению $x-x'$ линии, и колебательной характеристике сосредоточенного НЭ, записанной в виде функции $U_2 = f(I_2)$. Затем, подставляя соотношение (3) в формулу (2)

идентифицируем амплитудное изменение фазы $\varphi_{Ux}(U_2)$ напряжения ВНЭ при известной длине λ ЭМ волны в линии, возбуждаемой монохроматическим сигналом U_1 ПИ (T_1), на основе равенства:

$$\dot{U}_x(U_2) = \dot{U}_2(U_2)[\cos \theta_x + j \dot{y}_2(U_2)Z_0 \sin \theta_x], \quad (4)$$

где $\theta = \beta x$ – электрическая длина отрезка, соответствующая продольной координате x , $\beta = 2\pi/\lambda$ – коэффициент фазы фронта ЭМ волны в гальваническом или беспроводном соединении.

С одной стороны, уравнение (4) можно рассмотреть как сумму падений напряжений двух сосредоточенных НЭ, включенных последовательно, характеризующихся нормированным действительным $[\cos \theta_x - b_2(U_2)\sin \theta_x]$ и реактивным $[g_{n2} - g_{e2}(U_2)]\sin \theta_x$ сопротивлением, зависящим от амплитуды и частоты отклика ВИ. С другой стороны, оператор (4) аналитический описывает свойства невзаимного СВЧ четырехполюсника с распределенными параметрами. Такие макромодели ЭВЦ необходимы для исследования электрического равновесия ВНЭ с помощью дуальных компонентных и топологических уравнений ЭВЦ, соответствующих законам Кирхгофа и Ома. Предлагаемый импедансный подход идентификации структуры кластера позволяет изучить корреляцию параметров Y_0 линии, составляющих $g_2(U_2, I_2)$ и $b_2(U_2, I_2)$ комплексной проводимости $\dot{y}_2(U_2, I_2)$ НЭ. Кроме того, он дает корректную оценку устойчивости его стационарных режимов с помощью неравенств Пирса и Котельникова теорий нелинейных электро- и радиотехнических цепей, используемых при решении актуальных задач микро- и наноэлектроники СВЧ. Для дальнейшего символьного анализа сверхбыстрых нелинейных электрических процессов в кластере представим уравнение (4) ВНЭ следующим образом

$$\dot{U}_x(U_2) = \dot{U}_2(U_2)\{[\cos \theta_x - b_2(U_2)\sin \theta_x] + jg_2(U_2)\sin \theta_x\}. \quad (5)$$

Вещественная и мнимая составляющие амплитуды $\dot{U}_x(U_2)$ зависят одновременно от параметров θ_x, U_2 , $g_2(U_2) = \text{Re}(I_2/Y_0 U_2) = G_2(U_2)/Y_0$, $b_2(U_2) = \text{Im}(I_2/Y_0 U_2) = = B_2(U_2)/Y_0$. Однако вариация суммарной нормированной активной нелинейной проводимости $g_2(U_2) = [G_{n2} - G_{e2}(U_2)]/Y_0 = g_{n2} - g_{e2}(U_2)$, $g_{e2}(U_2) = g_{e20}(1 - \nu U_2^2)$ резистивно-негатронного двухполюсника изменяет только реактивную компоненту $\text{Im} \dot{U}_x(U_2)$ электрического поля. Отметим, что размерный параметр нелинейности ν может быть больше или меньше нуля. Эти коэффициенты и переменные макромодели логического элемента СВЧ присущи методу гармонической линеаризации, известному в рамках теории нелинейных электрических цепей. В этом случае модуль комплексной амплитуды $\dot{U}_x(U_2)$ сигнала имеет вид

$$U_x(U_2) = U_2 \{1 + b_2^2(U_2) + g_2^2(U_2)\sin^2 \theta - [\sin \theta + b_2(U_2)\cos \theta]^2\}^{1/2}, \quad (6)$$

а управляемый фазовый сдвиг в «длинной» ветви с НЭ равен:

$$\varphi_{Ux}(U_2) = \pi n + \arctg \frac{g_2(U_2)\sin \theta}{\cos \theta - b_2(U_2)\sin \theta} = \pi n + \arctg \frac{g_2(U_2)\text{tg} \theta}{1 - b_2(U_2)\text{tg} \theta}, \quad (7)$$

где $U_x(U_2), \varphi_{Ux}(U_2)$ – значения модуля и аргумента комплексной амплитуды напряжения на зажимах $x-x'$ ВНЭ. Они совместно характеризуют амплитудный закон управления фазой ЭМ волн в когерентной системе ЭП СВЧ. Формулы (6), (7) уточняют корреляцию зависимости обеих переменных $U_x(U_2)$, $\varphi_{Ux}(U_2)$ теории ЭВЦ от амплитуды U_2 колебаний напряжения на НЭ и электрической длины θ_x линии в схеме (рис.1). Коэффициент $n=0,1,2,\dots$ идентифицирует моду колебаний

напряжения СВЧ вдоль ВНЭ в режиме электрического равновесия с учетом инерционности передачи и композиции сигналов, явлений дифракции и интерференции волн напряжения в линии, соединяющей транзисторы.

На рис.2 и 3 показаны результаты расчета управления фазой сигнала $\phi_{Ux}(U_2)$ в сечении x-x' межсоединения кластера при вариации интенсивности воздействия или мощности СВЧ $y=v(U_2)^2$ в диапазоне от 0 до 1 и постоянной малосигнальной активной проводимости НЭ равной $g_{e02}=1,8$ (рис.2) и $g_{e02}=0,2$ (рис.3). Динамика трансформации фазы сигнала на графиках выделяется продольными (в случае фиксированной амплитуды напряжения y) кривыми при проводимости нагрузки $g_{H2}=2$.

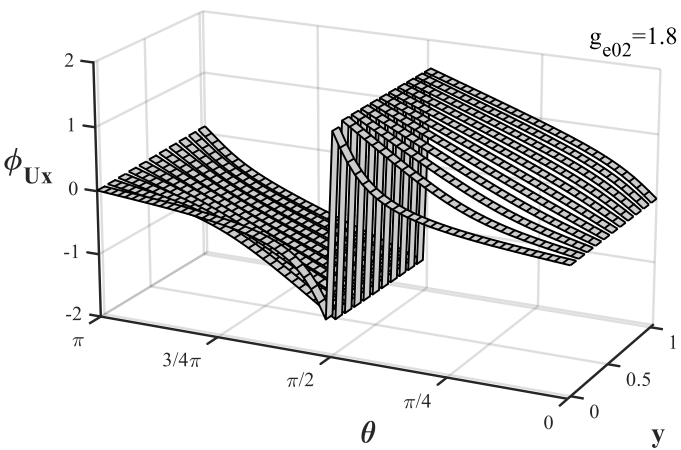


Рис.2 – Результаты расчета фазы сигнала $\phi_{Ux}(U_2)$ в сечении x-x' межсоединения ВНЭ при малосигнальной активной проводимости НЭ равной $g_{e02}=1,8$.

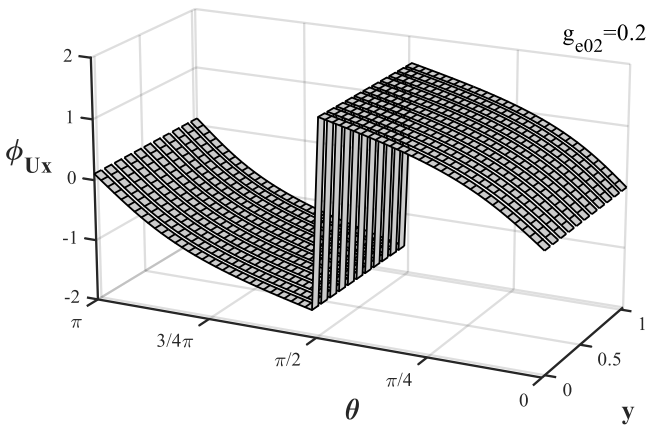


Рис.3 – Результаты расчета фазы сигнала $\phi_{Ux}(U_2)$ в сечении x-x' межсоединения ВНЭ при малосигнальной активной проводимости НЭ равной $g_{e02}=0,2$.

Таким образом, в докладе приведены алгоритм и результаты символьного анализа фазовых характеристик ВНЭ, являющегося базовым оператором теории электронной цепи СВЧ. Изложенный символьно-знаковый и буквенно-цифровой феноменологический и детерминированный способ, направленный на расчет коэффициента мощности взаимодействующих ПИ и ВИ переменного напряжения в ЭВЦ с учетом инерционности передачи и композиции сигналов, явлений дифракции и интерференции. Он наглядно и корректно уточняет амплитудно-зависимые свойства кла-

стера как необратимого четырехполюсника, создающего регулируемую положительную или отрицательную обратную связь ЭП. Подобное исследование инвариантных макромоделей сверхскоростных цифровых систем, спроектированных методом неавтономных блоков по технологии когерентной электроники, необходимо для минимизации энергопотребления ЭВА гига- и терагерцового диапазонов при сохранении номинального теплового режима дискретных ЭП.

Список цитируемой литературы

1. Волощенко Ю.П., Волощенко П.Ю. Методология математического моделирования нелинейных волновых и колебательных электрических процессов в изделиях когерентной радио-, микро- и наноэлектроники. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2013. – 110 с.
2. Волощенко Ю.П., Волощенко П.Ю. Основы системного моделирования электрической структуры интеграции сверхбыстродействующих электронных приборов. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2014. – 94 с.
3. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Электро- и радиотехнические модели технологии когерентной электроники. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2016. – 110 с.
4. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Основы теории одномерной нелинейной электрической и электронной волновой цепи: учеб. пособие для магистратуры. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2015. – 100 с.
5. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Моделирование электронных компонентов интегральных схем методами теории электрических цепей: учебное пособие. – Ростов-на-Дону-Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2017. – 102 с.
6. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Теория энергетических процессов СВЧ в электронной волновой цепи: монография. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017. – 102 с.

© П.Ю. Волощенко, Ю.П. Волощенко, 2018

УДК 004.55

ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ ФОТОСТУДИИ НА ПЛАТФОРМЕ *HTML5* И *CSS3*

А.А. Пироженко, e-mail: 04ane4ka@gmail.com

А.Н. Панфилов, e-mail: panfiloff@rambler.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В данной статье рассматривается построение интерактивной виртуальной фотостудии на платформе *HTML5* и *CSS3* на основе библиотеки *Fabric.js*. Для проектирования и создания онлайн-приложения для моделирования световых схем необходимо изучить основы таких языков программирования как *HTML5*, *CSS3*, *JavaScript*, библиотеку *Fabric.js* и ее элементы *Canvas*.

Ключевые слова: *HTML5*, *CSS3*, *JavaScript*, библиотека *Fabric.js*, *Canvas*.

BUILDING AN INTERACTIVE VIRTUAL PHOTO STUDIO ON THE *HTML5* AND *CSS3* PLATFORM

A.A. Pirozhenko, e-mail: 04ane4ka@gmail.com

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

This article discusses the creation of an interactive virtual photo studio on the *HTML5* and *CSS3* platform using the *Fabric.js* library. To design and create an online application for modeling light schemes, you need to learn the basics of programming languages like *HTML5*, *CSS3*, *JavaScript*, the *Fabric.js* library and its *Canvas* elements.

Keywords: *HTML5*, *CSS3*, *JavaScript*, graphics, website, library *Fabric.js*, *Canvas*.

В сети интернет существует множество онлайн-приложений и сайтов фотостудий, с помощью которых можно моделировать световые схемы для фотографий. Аналогом для построения интерактивной виртуальной фотостудии стало онлайн-приложение «*Virtual Lighting Studio*» от компании *Zvork* [1].

Проектирование интерактивной виртуальной фотостудии основано на использовании функционала дополнительной внешней библиотеки *Fabric.js*. *Fabric.js* — это мощная и в то же время простая *JavaScript*-библиотека для работы с *HTML5* *<canvas>* [2]. Она предоставляет интерактивную объектную модель, построенную на элементах *canvas*. Библиотека так же имеет в своем арсенале парсер *SVG-to-canvas*. *Fabric.js* позволяет использовать функционал *HTML5* *<canvas>* в полной мере, а главное без использования *flash*. Это полностью открытая библиотека с *MIT* лицензией и многими взносами разработчиков за последние несколько лет.

Для реализации редактора световых схем виртуальной фотостудии были использованы следующие функции библиотеки:

- инициализация *canvas*;
- удаление элементов;
- добавление изображений, используя путь изображения.

На рисунке 1 представлен фрагмент кода инициализации элемента *canvas* в виде *JavaScript*-кода [3].

На рисунке 2 представлен фрагмент кода удаления одного элемента и очищение всей области *canvas* в виде *JavaScript*-кода.

```
var canvas = new fabric.Canvas('canvas');
canvas.on({
  'object:added': function() {
    var size = canvas.size();
  }
});
canvas.setBackgroundColor('white');
canvas.renderAll();
```

Рис. 1 – Фрагмент кода инициализации *canvas*

```
$('#remove').click(function(){
  var obj = canvas.getActiveObjects();
  $.each(obj, function(i, v){
    canvas.remove(v);
  });
});
function remove_all(){
  for(var i = 0; i<9999;i++){
    var obj = canvas.getObjects();

    for (var i = 0; i < obj.length; i++) {
      canvas.remove(obj[i]);
    }
    if(canvas.isEmpty()){
      i=9999;
    }
  }
}
$('#remove_all').click(function(){
  remove_all();
});
```

Рис. 2 – Фрагмент кода удаление элементов

Для добавления изображений на холст используется путь изображения. Фрагмент кода добавления изображений в виде *JavaScript*-кода представлен на рисунке 3.

```

$('.schema_menu-item').click(function() {
    var image = $(this).children('img').attr('src');
    fabric.Image.fromURL(image, function(oImg) {
        canvas.add(oImg);
    });
});

```

Рис. 3 – Фрагмент кода добавление изображений

Интерфейс управления объектами на холсте предоставляется базовыми функциями библиотеки. Интерфейс меню выбора элементов световой схемы реализован с помощью блочной верстки языка разметки гипертекста *HTML* [4] и каскадных таблиц стилей *CSS* [5]. Экранная форма редактора световых схем представлена на рисунке 4.

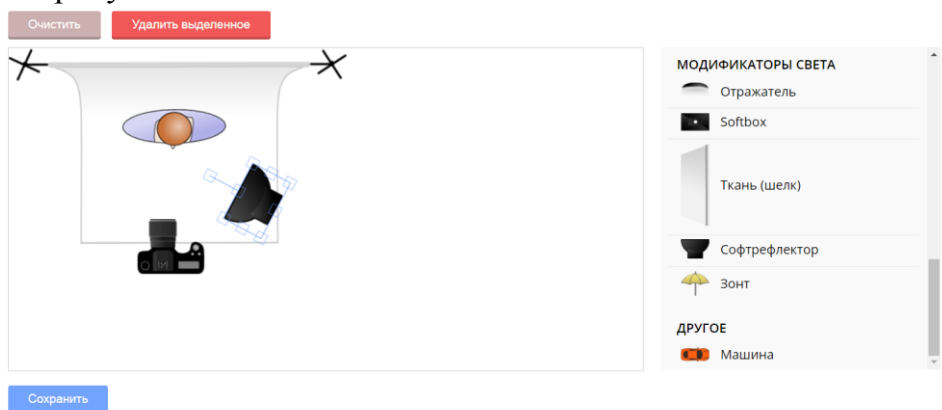


Рис. 4 – Экранная форма редактора световых схем

Таким образом, для проектирования и создания онлайн-приложения для моделирования световых схем необходимо изучить основы таких языков программирования как *HTML5*, *CSS3*, *JavaScript*, библиотеку *Fabric.js* и ее элементы *Canvas*.

Список цитируемой литературы:

1. Официальный сайт «Virtual Lighting Studio» [Электронный ресурс] URL: <http://www.zvork.fr/vls/>.
2. Официальный сайт *Fabricjs* [Электронный ресурс] URL: <http://fabricjs.com/>
3. Прохоренко Н.А., *HTML, JavaScript, PHP и MySQL* Джентельменский набор web-мастера – СПб.: БХВ – Петербург, 2015. – 766с.
4. Робертс Д., *HTML5 карманный справочник* – М.: Вильямс, 2015. – 192с.
5. Мейер Э., *CSS. Каскадные таблицы стилей. Подробное руководство* – СПб: Символ-Плюс, 2008. – 576с.

© А.А. Пироженко, А.Н. Панфилов, 2018

СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ СТЕНДОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА В ПАКЕТЕ LABVIEW ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК

Медведева Е.И., e-mail: korobkinaekaterinka1995@yandex.ru

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

В данной статье рассматривается разработка виртуальных стендов в пакете LabVIEW, необходимых для исследования характеристик электропривода постоянного тока и асинхронного. Приведено краткое описание устройства электропривода и сфера применения. Рассмотрена необходимость использования пакета LabVIEW для моделирования виртуальных приборов и оценки их работы. Подробно описан процесс их создания и описаны характеристики, по которым можно определить характер работы электропривода. Раскрыта научная и практическая значимость проводимого исследования. Также сделаны выводы, в которых обозначены результаты исследования.

Ключевые слова: электропривод постоянного тока, электропривод асинхронный, LabVIEW, устройство электропривода, характеристики электропривода, виртуальный стенд, виртуальный прибор.

CREATING VIRTUAL ELECTRICAL DRIVES IN THE LABVIEW PACKAGE FOR RESEARCHING ITS CHARACTERISTICS

E.I. Medvedeva

Don State Technical University (DSTU), Rostov-on-Don

This article discusses the development of virtual stands in the LabVIEW package, which are necessary for the study of the characteristics of a DC electric drive and an asynchronous one. A brief description of the electric drive device and its scope are given. The necessity of using the LabVIEW package for modeling virtual instruments and evaluating their work is considered. The process of their creation is described in detail and the characteristics by which it is possible to determine the nature of the operation of the electric drive are described. The scientific and practical significance of the research is revealed. Also conclusions are drawn, in which the results of the study are indicated.

Keywords: DC drive, electric drive, asynchronous, LabVIEW, device, electric characteristics of the electric drive, virtual booth, virtual instrument.

Процесс проектирования какого-либо технического средства сложен и состоит из множества этапов. Убедиться в этом поможет создание виртуальных стендов электропривода в среде LabVIEW. Именно с помощью этой программы можно ознакомиться с принципом работы электропривода, с режимами его работы и устройством. По своим функциональным особенностям виртуальные стенды не отличаются от реальных стендов. С помощью них можно предварительно изучить устройство и принцип работы приборов прежде чем перейти к реальной практике.

Целью исследования является создание виртуальных стендов электропривода постоянного тока и асинхронного типа с изучением их характеристик.

Согласно ГОСТу Р. 50369-92, электроприводом называют электромеханическую систему, которая состоит из преобразователя энергии электричества, электромеханического и механического преобразователей, устройств, которые управляют и несут определенную информацию и устройств, сопряжены с внешними электрическими, механическими, управляющими и информационными системами. Их выполняемая работа заключается в приведении в движение исполнительных органов рабочего механизма, и управлять этим движением для осуществления технологического процесса.

Электропривод постоянного тока – это техническое устройство, содержащее в себе:

- один или несколько двигателей постоянного тока;

- полупроводниковый преобразователь;
- управляющее устройство;
- устройство, которое сопрягается с внешними системами (электрические, механические).

Основное преимущество использования электропривода постоянного тока состоит в том, что в них можно осуществлять плавное регулирование скорости вращения в весьма широких пределах.

В асинхронном электродвигателе частота вращения ротора не равна частоте вращения магнитного поля, которое создается током обмотки статора.

Виртуальный стенд электропривода постоянного тока представляет собой сложную систему, состоящую из приборной панели, приборного поля, исследуемой и нагрузочной машины, реверсивного тиристорного преобразователя, модуля питания и системы управления, ячейки датчиков и операционных усилителей и коммутаторной аппаратуры. Он представлен на рисунке 1. Создав такой стенд, получены возможности исследовать следующие параметры:

- изучение штатных и аварийных режимов работы системы электропривода;
- настройка контуров системы;
- оценка статических характеристик (зависимость угловой скорости вращения вала от электромагнитного момента M (или от момента сопротивления M_c ; зависимость угловой скорости вращения вала ω от тока I);
- оценка динамических характеристик (зависимость между мгновенными значениями двух координат электропривода для одного и того же момента времени переходного режима работы);
- обрывы сигналов обратных связей и др.

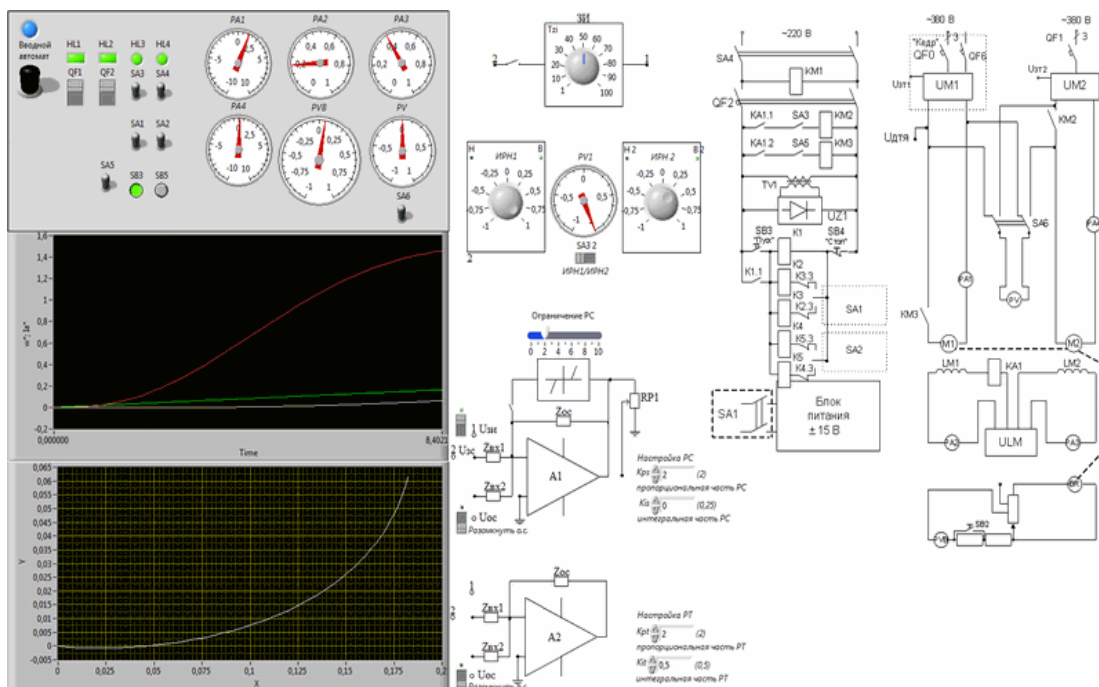


Рис. 1 – Виртуальный стенд электропривода постоянного тока

При создании виртуального стенда электропривода асинхронного типа были использованы следующие составные элементы: приборная панель, асинхронного двигателя, но с замкнутым контуром, электропривод на базе инвертора напряжения с широтно-импульсной модуляцией и коммутационная аппаратура.

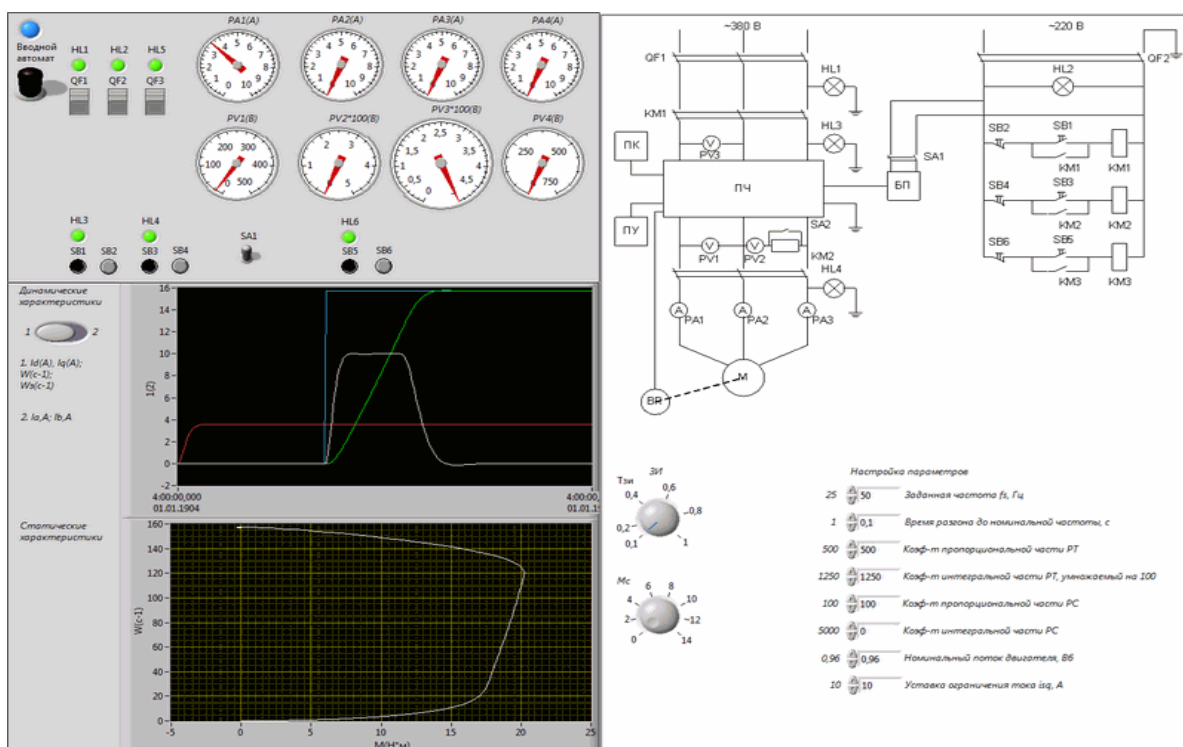


Рис.1 – Виртуальный стенд электропривода асинхронного типа

У такого стенда есть несколько недостатков, возникающих при:

- нагружении исследуемого двигателя;
- исследовании аварийных режимов работы;
- возможностях программы, которые визуализируют переходные процессы и др.

Цель разработки такого стенда была следующая:

- сохранить постоянство работы в штатном режиме;
- расширить возможности исследования аварийных режимов;
- нагружать двигатель посредством воздействия в LabVIEW
- расширить возможности визуализации процессов работы.

Подробно описав проводимое исследование, можно сделать выводы.

Таким образом, проектирование виртуальных стендов является в настоящее время довольно перспективным направлением в области научных исследований. Их широкое распространение поможет сэкономить на изготовлении реальных стендов и позволит тщательно изучать все возможные режимы работы. А их информативность и наглядность делает доступным изучение виртуальных стендов высоко квалифицированным специалистам, так и студентам.

Список цитируемой литературы

1. ГОСТ Р. 50369-92. Электроприводы. – М.: Стандартинформ, 2005.
2. В. С. Аврамчук, Н. Л. Бацева Функциональный контроль и диагностика электротехнических и электромеханических систем и устройств по цифровым отсчетам мгновенных значений тока и напряжения. – Томск, 2003.
3. Н.А. Виноградова, Я.И. Листратов, Е.В. Свиридов. Разработка прикладного программного обеспечения в среде LabVIEW: Учебное пособие – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 49 с.
4. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов по спец. «Автоматика и телемеханика». В 2-х ч. Ч. II. Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления./ А.А. Воронов, Д.П. Ким, В.М. Лохин и др.; Под ред. А.А. Воронова. – М.: Высш. шк., 1986. – 504 с.

5. Голубцова Е.Ю., Чекавский Г.С. Виртуальный стенд по исследованию двухконтурной системы подчинённого регулирования скорости электропривода постоянного тока в среде LabVIEW. Вісник кафедри «Електротехніка» за підсумками наукової діяльності студентів. – Донецьк, ДонНТУ, 2011 – С. 25-26.
6. Егоров В.Н., Шестаков В.М. Динамика систем электропривода, М.: Энергоатомиздат, 1983. – 216с.
7. Суранов А.Я. LabVIEW 7. Справочник по функциям; М.: 2005. – 511с.
8. Исследование характеристик асинхронного двигателя при векторном управлении с косвенной ориентацией по вектору потокоцепления ротора. Инструкция к лабораторной работе по курсу «Системы векторного управления» (для студентов специальности «Электромеханические системы автоматизации и электропривод») / Чекавский Г.С. – Донецк: ДонНТУ, 2008. – 20 с.
9. Теория автоматизированного электропривода; Учеб. пособие для вузов / Чиликин М.Г., Клгочев В.И., Сандлер А.С. – М.: Энергия, 1979. – 616 с.
10. LabVIEW for everyone / Jeffrey Travis: Per. from English. Klushin, N. A.-М.: DMK Press; Priborkomplekt, 2005. – 544 p.

© Е.И. Медведева

УДК 629.424.1-064.5

СТЕНД ДИАГНОСТИКИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ СЛАБОТОЧНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЛЕ

А.А. Парфеленко, e-mail: parfelenkoa@inbox.ru,

А.Г. Сукиязов, e-mail: pro_suk@mail.ru

Донской государственный технический университет (ДГТУ)
г. Ростов-на-Дону

В данной статье рассматривается разработка стенда диагностики механической части слабotoчных электромагнитных реле по кинетике тока обмотки. Приводится схема стенда и его компоновка. Отличительной чертой стенда является одновременное наблюдение на экране осциллографа двух однотипных реле: эталонного и исследуемого. Стенд позволяет не только наглядно представлять результат диагностики реле, но быстро осуществлять входной контроль достаточно большого числа реле и легко выбрать из них группу с идентичными характеристиками (например, временем срабатывания). Приводятся некоторые результаты исследования возможности стенда.

Ключевые слова: электромагнитное реле, диагностика, время срабатывания.

THE SETTING FOR DIAGNOSTIC OF MECHANICAL PART OF LOW-CURRENT ELECTROMAGNETIC RELAYS

A. A. Parfelenko, A.G. Sukiyaov

Don State Technical University (DSTU)

Rostov-on-Don

This article describes the development of the diagnostic of the mechanical part of the magnetic field inside low-current relay with using the kinetics of the current inside the winding. The scheme of the setting and its layout is given. A distinctive feature of the setting is the simultaneous observation on the screen of an oscilloscope of two identical types of relays: the reference and the explored relay. The setting allows not only to visually represent the result of the relay diagnostics, but to quickly perform an input control of a sufficiently large number of relays and easy choose a group with identical characteristics from them (for example, the operating time). Some results of research on the stand capabilities are given.

Keywords: electromagnetic relay, diagnostics, pickup time

Слаботочные электромагнитные реле в настоящее время находят широкое применение в различных устройствах автоматики и электроники. Подавляющее

большинство типов таких реле используется неразборный герметичный корпус, исключающий возможность визуального контроля технического состояния их элементов [1,2]. Кроме этого, для ряда производств требуется осуществлять входной контроль и отобрать из большой партии реле группу идентичных образцов. Часто бывает необходимость классифицировать реальные образцы реле по времени срабатывания. Решение этих проблем может дать большой экономический эффект.

В основе разработки стенда диагностики слаботочных электромагнитных реле лежит известный закон изменения тока обмотки при включении реле [3]. Так как электромагнитное реле представляет собой сложное электромеханическое устройство, в котором при срабатывании происходит изменение магнитной цепи. В момент изменения магнитной цепи в обмотке возникает э.д.с. индукции, которая приводит к аномалии характера изменения тока обмотки. Анализ возникающей аномалии показывает, что она несет информацию об особенностях движения подвижной части. При этом четко выделяется момент срабатывания реле.

Диагностика слаботочных электромагнитных реле по регистрации тока обмотки известна давно [4]. Однако практически во всех методиках исследуется один экземпляр реле, для которых определяются значения требуемых характеристик, а затем осуществляется их сравнение с характеристиками других экземпляров. Если рассматриваемый процесс относится к реализации входного контроля, то он будет достаточно трудоемким и не наглядным. Для обеспечения наглядности и повышения производительности труда на кафедре «Радиоэлектроника» ДГТУ был разработан специальный стенд диагностики механической части слаботочных электромагнитных реле [5].

Основная идея стенда состоит в том, что на экране осциллографа одновременно наблюдаются эпюры тока обмоток двух однотипных реле. Одно из реле является эталонным, а другое – диагностируемым. Для облегчения сравнения эпюр в реальном масштабе времени обмотки реле питаются генератором прямоугольных импульсов, частота которых синхронизируется с разверткой осциллографа. Разработанный стенд позволяет быстро сравнивать такие характеристики реле как время срабатывания, напряжение срабатывания, наличие препятствий движению якоря и некоторые другие характеристики. С помощью стенда можно исследовать зависимость времени срабатывания от величины питающего обмотку напряжения.

Принципиальная схема разработанного стенда приведена на рисунке 1.

Генератор прямоугольных импульсов на микросхеме DD1 через транзистор VT1 обмоткой геркона. Контакты геркона периодически подают напряжение на эталонное и исследуемое реле. Ток обмоток регистрируется с помощью датчиков тока на низкоомных резисторах R6 и R7 и подается на лучи двух лучевого осциллографа. Дiodы VD1, VD3 и VD4 служат для нейтрализации экстратоков в индукционных элементах схемы. Стенд позволяет управлять срабатыванием реле, как в автоматическом, так и ручном режимах.

В качестве осциллографа можно использовать как электронно-лучевые аналоговые осциллографы типа С1-73, так и цифровые USB приставки к компьютеру, например, АКИП 4107. На рисунке 2 представлены результаты сравнения с помощью разработанного стенда двух реле типа РЭС 22: одно новое (эталон), другое после работы неопределенное время в составе электронного устройства. Как видно из рисунка эталонное реле имеет четкую, практически классическую характеристику.

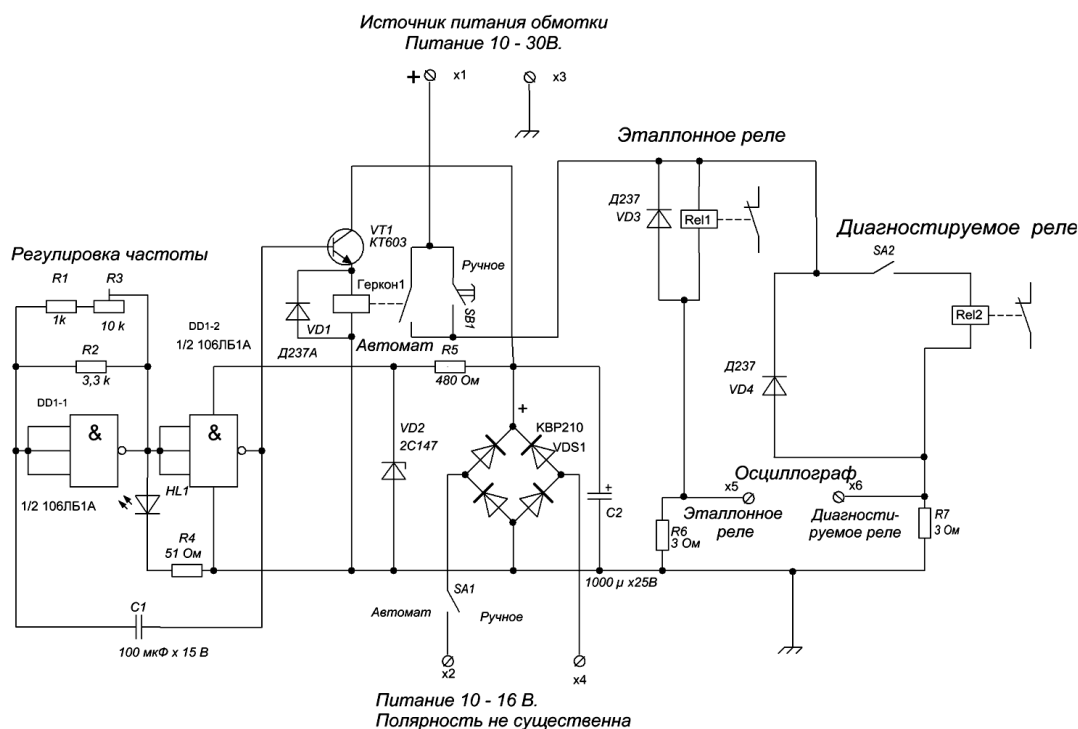


Рис. 1 – Принципиальная схема стенда диагностики

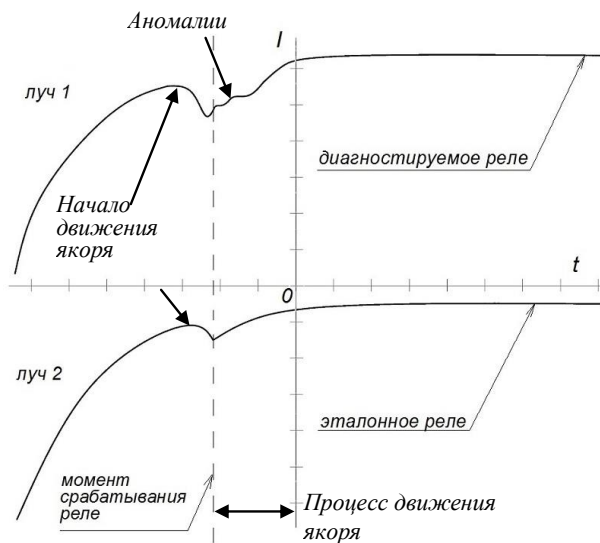


Рис. 2 – Пример наблюдения токов срабатывания эталонного и диагностируемого реле

Диагностируемое реле имеет такое же время срабатывания, как и эталонное, но характер движения якоря осложнен некоторыми причинами.

Разработанный стенд за счет наглядности процесса диагностики позволяет не только значительно сократить продолжительность диагностики больших партий электромагнитных реле и подбора групп с одинаковым временем срабатывания, но и повысить эффективность лабораторных работ по дисциплине «Диагностика и обслуживание РЭС». Стенд позволяет реализовать достаточно широкий спектр заданий для лабораторных исследований. Например, весьма наглядно ис-

следование зависимости времени срабатывания от величины напряжения питания; влияние специально введенных помех движению якоря на характер его движения; сравнивать различные типы реле по времени срабатывания и т.п.

В представленной конструкции стенда предполагается регистрация тока обмотки с помощью резисторного датчика тока. Этот метод подразумевает подключение измерительной аппаратуры к цепи питания реле. Для практики представляет интерес диагностирование электромагнитных реле в моменты срабатывания в штатных условиях бесконтактно. Проведенные исследования [6,7] показывают перспективность бесконтактной диагностики. Это дает направление дальнейшей модернизации стенда.

Список цитируемой литературы

1. Попов С.И., Валявин В.Ю., Подуст С.Ф., Линькова Е.Ф., Юрьева В.В. Диагностирование и испытание электрооборудования транспортных машин: учеб. пособие.- Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2010.- 115 с.
2. Попов С.И., Рункевич Ю.П., Марченко Ю.В., Валявин В.Ю., Донцов Н.С., Иванов В.В. Технические средства диагностирования транспортных машин: учеб. пособие.- Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2016.- 199 с.
3. Рыбин Г.Я., Иванкин Б.Ф., Животченко А.Д., Соболев В.В. Слаботочные реле – М.: Радио и связь, 1982. – 80 с.
4. Корсунский Г.М., Мироненко А.Ф., Федорец П.С. Применение метода осциллографического анализа динамических характеристик электромагнитных реле для его технической диагностики. // Техника средств связи. Серия: Техника проводной связи. 1979. выпуск 5(38). С.41-50.
5. Сукиязов А.Г., Баженов М.К. Стенд диагностики слаботочных электромагнитных реле. Патент на полезную модель № 173176, Приоритет 02 мая 2017.
6. Сукиязов А.Г. Выделение диагностической информации из сигнала индукционного датчика магнитного поля при бесконтактной экспресс-диагностике электромагнитных аппаратов.//Аспекты науки, образования и модернизации промышленности: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием. Технические науки (Таганрог, 20-21 апреля 2017 г.) Донской го. техн. ун-т. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2017. С. 64 – 67.
7. Сукиязов А.Г., Просянных Б.Н., Баженов М.К. Использование индукционных датчиков для бесконтактной диагностики электромагнитных реле. // Сборник научных трудов «Транспорт: наука, образование, производство»: Ростов-на-Дону. 2017. С. 194 – 199.

© А.А. Парфеленко, А.Г. Сукиязов, 2018

УДК 537.8+621.43.001.5

НЕРАЗРУШАЮЩАЯ ДИАГНОСТИКА МАЛОМОЩНОГО ТРАНСФОРМАТОРНО-ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО БЛОКА ПО ФОРМЕ ТОКА ПЕРВИЧНОЙ ОБМОТКИ

А.С.Ломакин, А.Г. Сукиязов, e-mail: pro_suk@mail.ru

Донской государственный технический университет (ДГТУ)

г. Ростов-на-Дону

В данной статье приводятся результаты исследования влияния состояния элементов трансформаторно-выпрямительного блока (ТВБ) на форму тока, потребляемого его первичной обмоткой. Особое внимание уделено неисправностям, при которых сохраняется работоспособность ТВБ. Показано, что надежно выделяется информация об обрыве одного из диодов выпрямительного моста и потери емкости трансформатора фильтра. Предложено, для облегчения процесса диагностирования, использовать формирование характеристических диаграмм на экране осциллографа.

Ключевые слова: трансформаторно-выпрямительный блок, диагностика, выпрямительный мост, характеристические диаграммы.

NONDESTRUCTIVE DIAGNOSTICS OF A LOW-POWER TRANSFORMER-RECTIFIER UNIT WITH USING THE FORM OF CURRENT INSIDE A PRIMARY WINDING

A.S. Lomakin, A.G. Sukiyazov

Don State Technical University (DSTU)
Rostov-on-Don

In this article, we present the results of a research of the effect of the state of the elements of a transformer-rectifier block (TRB) on the shape of the current consumed by its primary winding. Particular attention is paid to faults, in which the working capacity of the TRB still remains. It's shown that it's possible to reliably obtain an information about a breakage of one of the diodes inside rectifying bridge and loss of the capacity of the transformer's filter. It's proposed, in order to facilitate the diagnostic process, to use the formation of characteristics diagrams on the oscilloscope screen.

Keywords: transformer-rectifier block, diagnostics, rectifying bridge, characteristics diagrams.

В настоящее время малогабаритные трансформаторно-выпрямительные блоки (ТВБ) находят широкое применение в различной аппаратуре разного назначения [1] и выпускаются как отдельные законченные узлы. Базовая конструкция ТВБ содержит маломощный силовой трансформатор (обычно с одной вторичной обмоткой), выпрямительный диодный мост и конденсатор фильтра. В последнее время конденсатор фильтра имеет емкость 1000 – 3000 мкФ. Из основных положений технической диагностики известно, что неисправный объект может сохранять работоспособность. В последствии неисправный работоспособный объект может послужить причиной возникновения серьезных аварийных ситуаций. Это обосновывает важность разработки методов неразрушающей диагностики, позволяющей идентифицировать наличие таких состояний. Применительно к ТВБ такими неисправностями могут быть: обрыв одного из диодов и потеря емкости конденсатора. Обычно для нахождения этих неисправностей требуется частичная разборка ТВБ: выпайка диодов и конденсатора. Целью предлагаемой работы является исследование возможности выявлять неисправности указанных элементов ТВБ без его разборки на основании регистрации формы тока первичной обмотки [2,3].

На рисунке 1 представлена схема лабораторного стенда для исследования диагностики ТВТ по форме тока первичной обмотки. Потеря емкости конденсатора фильтра осуществлялась путем замены конденсатора С1. Ток зарядки конденсатора в процессе фильтрации выходного напряжения ТВБ регистрировался непосредственно с помощью датчика тока на низкоомном резисторе R1. Нагрузка ТВБ задавалась резистором R2, а обрыв диода в мосте задавался ключом S1.

В качестве трансформатора использован маломощный силовой трансформатор от блока питания кассетного магнитофона.

Сила тока первичной обмотки регистрировалась двумя типами трансформаторов тока: с индуктивной вторичной обмоткой (индуктивный датчик тока) и с датчиком Холла в качестве вторичной обмотки. Индуктивный датчик прост в изготовлении и эксплуатации, но выходной сигнал пропорционален производной тока первичной обмотки. Для получения с его помощью информации о форме тока требуется последующее интегрирование сигнала. Датчик Холла сразу дает информацию о токе. В принципе для решения поставленной задачи можно использовать оба типа датчиков. Наблюдение эпюр токов осуществлялось с помощью цифрового USB осциллографа АКИП 4107.

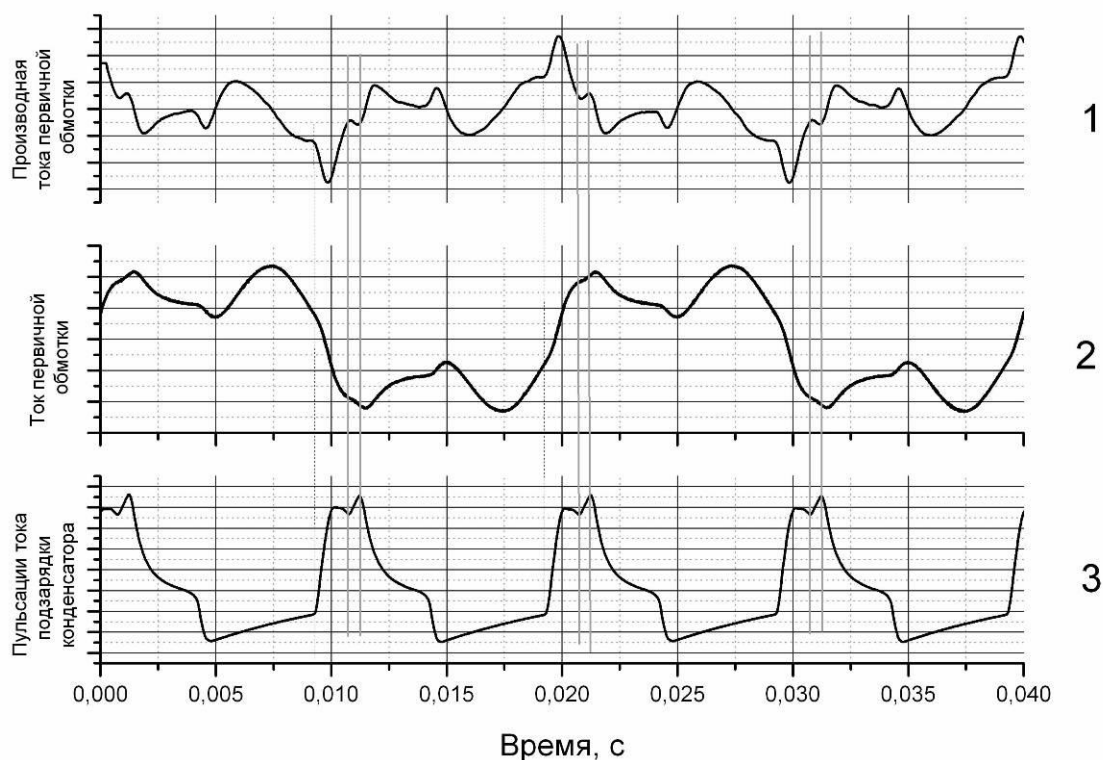


**Рис. 3 – Эпюры сигнала тока, регистрируемые индукционным датчиком, датчиком Холла и эпюры тока заряда конденсатора.
По вертикальной оси единицы измерения условные**

Как видно из рисунка 2-3 эпюра тока первичной обмотки для случая исправной работы ТВБ, сильно отличается от синусоидальной формы. Поэтому можно ожидать, что эпюры потребляемого тока ТВБ содержат всю необходимую для диагностики информацию: амплитуду питающего напряжения, величину потребляемого тока, процесс подзарядки конденсатора фильтра и, наконец, обрыв диода в мостике.

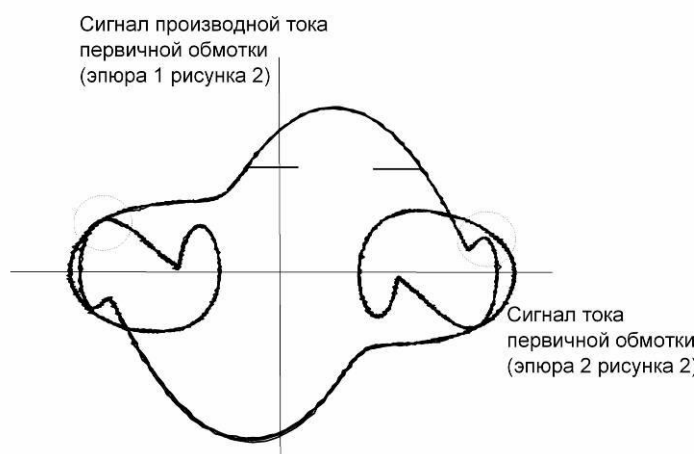


Рис. 4 – Вид мнемонической диаграммы

Эффективность процесса диагностирования ТВБ по форме тока первичной обмотки существенно возрастает, если воспользоваться методом построения ха-

рактических диаграмм, которые названы «мнемоническими» [4]. Мнемоническая диаграмма, соответствующая рисунку 2, может быть получена из эпюр 1 и 2, путем исключения времени представлена на рисунке 3.

Исследования показали, что форма мнемонической диаграммы очень чувствительна к изменению свойств элементов ТВБ. Например, если диоды моста абсолютно идентичны, то мнемоническая диаграмма совершенно симметрична. Отличие свойств исправных диодов приводит к нарушению симметрии. Если в одном из диодов возникает обрыв, то мнемоническая диаграмма становится абсолютно асимметричной. Кроме того, форма отдельных участков мнемонической диаграммы несёт информацию о процессе подзарядки конденсатора фильтра.

Отдельно стоит вопрос о выделении информации о состоянии конденсатора фильтра ТВБ из эпюры потребляемого первичной обмоткой тока. Для его решения необходимо сравнить эпюры потребляемого тока обмоткой трансформатора ТВБ для одной и той же нагрузки при отсутствии и наличии конденсатора. Результат этого исследования приведен на рисунке 4.

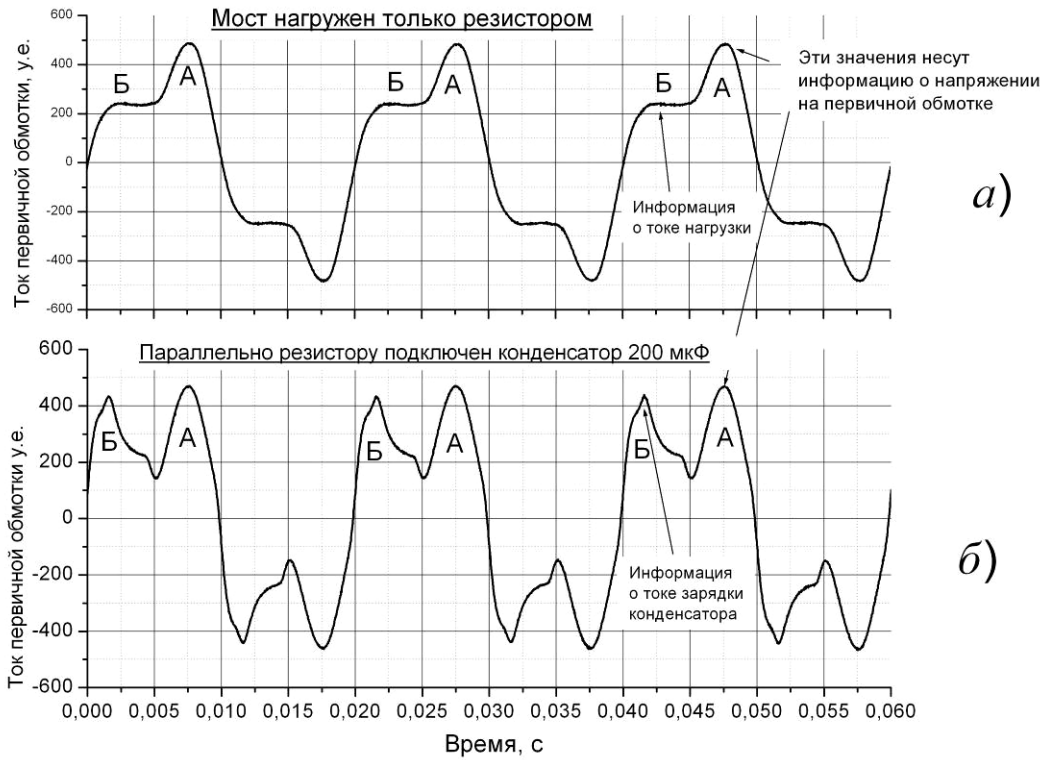


Рис. 5 – Зависимость эпюры формы тока первичной обмотки трансформатора от наличия конденсатора фильтра

Проведенные ранее исследования [5] показали, что эпюра тока первичной обмотки трансформатора, работающего на линейную нагрузку, показали, что эпюра тока имеет характерные участки (А и Б на рисунке 4), которые независимо реагируют на величину напряжения на первичной обмотке и тока вторичной обмотки. Чем больше величина потребляемого тока, тем больше мгновенное значение потребляемого тока в точках Б. Если нагрузка нелинейная, то она должна проявиться в тех же точках эпюры. Подключение конденсатора фильтра в ТВБ, приводит к появлению бросков тока первичной обмотки как раз в точках Б, именно это наблюдается в эксперименте (рисунок 4 б).

Кривая, по которой изменяется ток подзарядки конденсатора, имеет характерный вид (см. кривую 3 рисунка 2). Не трудно обратить внимание, что форма проявляется во всех регистрируемых эпюрах.

Таким образом, проведенные исследования показали, что эпюра тока, потребляемого первичной обмоткой трансформатора, содержит диагностическую информацию о состоянии диодов выпрямительного моста и потери емкости конденсатора фильтра. Результаты, полученные при исследовании ТВБ, могут быть использованы при конструировании конкретного диагностического прибора.

Список цитируемой литературы

1. Марченко Э.В., Попов С.И., Марченко Ю.В., Донцов Н.С., Иванов В.В., Скудина А.А. Технические измерения на транспорте: учеб. пособие. - Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2017. - 81 с.
2. Сукиязов А.Г. Непрерывная диагностика асинхронного двигателя с помощью анализа формы потребляемого тока. // Материалы XII Международной научно-практической конференции «Компьютерные технологии в науке, производстве, социальных и экономических процессах», Новочеркасск 2012, С. 33-36.
3. Сукиязов А.Г., Нестеров В.В. и Просянных Г.Б. О возможности реализации непрерывной диагностики технического состояния электрических машин переменного тока. // Вестник ростовского государственного университета путей сообщения. №1 . 2009. с.125 -129.
4. Сукиязов А.Г., Просянных Б.Н. Способ визуального контроля параметров энергопотребления и диагностики технического состояния электрооборудования переменного тока. Патент на изобретение №2378656. Приоритет 12 февр. 2008.
5. АС 1335885 СССР, МКИ 3 G 01 R 19/04. Способ контроля блоков питания, содержащих силовой трансформатор / А.Г. Сукиязов, Б.Н. Просянных (СССР). – № 3985506/24; заявл. 09.12.85; опубл. 07.09.87. Бюл.№ 33.

© А.С. Ломакин, ©А.Г. Сукиязов 2018

УДК 629.735.45

РАЗРАБОТКА МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНОЙ ПОСАДКИ ВЕРТОЛЕТА НА СУДНО

А.Я. Номерчук, e-mail: nomerchuk@gmail.com, **Н.А. Голочалов**, e-mail: golochalov@sfsedu.ru, **Ю.Н. Семенов**, e-mail: ynsemenov@sfsedu.ru,

Южный Федеральный университет, г. Таганрог

Управление вертикальным взлетом и посадкой вертолета является актуальной задачей в виду сложности процесса, особенно для беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Данная задача включает в себя решение таких задач, как идентификация маркера зоны взлета и посадки (TLOF), ориентация и маневрирование БЛА относительно маркера. Сложность данной задачи многократно усложняется при управлении посадкой на судно, обусловленные динамическими возмущениями, связанными с движением судна и качкой.

В статье выполнен обзор средств и методов идентификации для осуществления ориентации и посадки БЛА вертолетного типа зарубежными и отечественными исследователями, предлагается подход в управлении автономной посадкой на основе аппарата нечетких множеств с помощью сложных лингвистических переменных.

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF CONTROL AUTONOMOUS HELICOPTER PLANING ON VESSEL

A.Ya. Nomerchuk, N.A. Golochalov, Yu.N. Semenov

Southern Federal University (SFedU), Taganrog

Controlling the vertical take-off and landing of the helicopter is an urgent task in view of the complexity of the process, especially for unmanned aerial vehicles (UAVs). This task includes the solution of such tasks as identification of the take-off and landing zone marker (TLOF), orientation and maneuvering of the UAV relative to the marker. The complexity of this task is repeatedly complicated by the management of landing on the ship, due to the dynamic disturbances associated with ship movement and pitching.

The article reviews the means and methods of identification for the orientation and landing of helicopter-type UAVs by foreign and domestic researchers, an approach is proposed in managing an autonomous landing based on the apparatus of fuzzy sets using complex linguistic variables.

УДК 621.382

ДИАГНОСТИКА НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ВЕНТИЛЕ И- НЕ ГИГА- И ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНОВ

П.Ю. Волощенко, e-mail: petrvoloshchenko@mail.ru, Ю.П. Волощенко, e-mail: yvoloshchenko@yandex.ru, А.Н. Карпук, e-mail: carpuk.irina@yandex.ru

Южный Федеральный университет, г. Ростов на Дону

В докладе приводятся алгоритмы диагностики распределения амплитуды сигнала СВЧ и символического анализа явления интерференции в общем электромагнитном (ЭМ) поле вентиля И-НЕ. Показано, что для уменьшения нагрева триггера нужно в первую очередь проектировать оригинальную геометрию гальванических соединений, учитывающую нелинейную композицию ЭМ возмущений в нем.

Ключевые слова: волновой нелинейный элемент, электронный прибор СВЧ, амплитуда гармонического тока СВЧ, логический элемент, метод неавтономных блоков, коэффициент полезного действия.

DIAGNOSING THE NONLINEAR ELECTRICAL PROCESSES IN NAND GATE OF GIGA- AND TERAHERTZ RANGES

P.Yu. Voloshchenko, Yu.P. Voloshchenko, A.N. Carpuk

Southern Federal University, Rostov on Don

Diagnostic algorithms for microwave signal amplitude distribution and symbolic analysis for interference phenomena in common electromagnetic field of the NAND gate are given in this work. It is shown that to reduce heat emission in trigger, first of all it is necessary to take into account the non-linear composition of EM disturbances when designing the original geometry of the galvanic connections.

Keywords: wave nonlinear element, microwave electronic device, amplitude of microwave harmonic current, logic element, nonautonomous blocks method, efficiency coefficient.

Современное проектирование триггеров разных типов осуществляется на основе описания топологии вентилях И-НЕ, ИЛИ-НЕ канонической суммой минтермов и произведения макстермов, соответствующих теореме наложения, известной в теории линейных электро- и радиотехнике цепей. При этом целевая функция КПД транспортировки и обмена электромагнитным (ЭМ) полем в них,

необходимая для прогнозирования энергосберегающего режима цифровых интегральных схем (ИС), вообще не рассматривается. В то же время известно, что логические элементы СВЧ корректно синтезировать лишь по технологии когерентной электроники, базирующейся на законах теории электронной волновой цепи (ЭВЦ), положениях нового метода неавтономных блоков и процедуре аналитического моделирования нелинейной композиции сигналов в кластерах [1-6]. Подобная методология позволяет изучать феноменологическим и детерминированным способом влияние токораспределения на явления дифракции и интерференции в ИС, обусловленные дискретными электронными приборами (ЭП). Они объединяются символическим расчетом режима фрагментов ИС сверхскоростной обработки информации методами гармонической линеаризации и баланса, неравенствами Пирса и Котельникова. Дополнительно предлагается использовать оригинальную совокупность известных методов двух узлов и эквивалентных синусоид, закон сохранения энергии и уравнения Кирхгофа, теорему об активном двухполюснике и Телледжена для моделирования открытых систем ЭП СВЧ. Упомянутая эволюционная методика составления дуальных операторов ЭВЦ, идентифицирующих КПД коммуникации и коммутации прямого и обратного воздействия, корректно прогнозирует критерии минимизации потребления электрической мощности и нагрева триггеров гига- и терагерцового диапазонов.

Целью теоретического исследования является диагностика электрического строения логического элемента И-НЕ и символьный анализ суммарной амплитуды гармонического тока СВЧ в нем. На рис.1 приведено условное графическое изображение фрагмента оптимизируемого вентиля, содержащего взаимодействующие полевые транзисторы 1,2 и проводник 3, обеспечивающий подачу напряжения U_{Π} питания в ЭВЦ. В соответствии с постулатами метода неавтономных блоков рассматриваем соседние ЭП, как управляемый первичный и вторичный источник (ПИ и ВИ) ЭДС, гальванически связанные волноведущим каналом 3 в единое целое и кластер, по которому циркулирует постоянный и переменный ток [1-6].

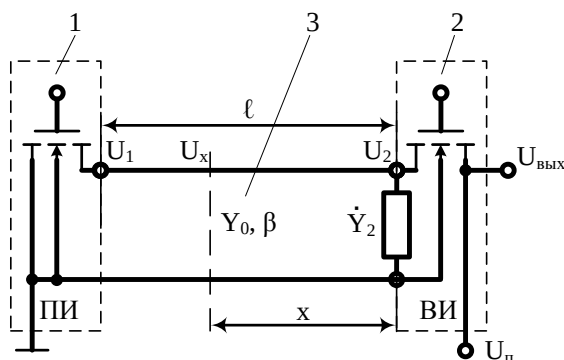


Рис. 1 – Схема волнового нелинейного элемента (ВНЭ).

Кроме того, рис. 1 отображает символично-знаковый оператор волнового нелинейного элемента (ВНЭ) теории ЭВЦ, образованной эквивалентной двухпроводной линией и сосредоточенным нелинейным элементом (НЭ) без информационной избыточности. Он характеризует в общем виде комплексную $\dot{Y}_2(U_2, I_2) = G_2(U_2, I_2) + jB_2(U_2, I_2)$ внутреннюю проводимость ВИ, где переменные $G_2(U_2, I_2) = G_{e2}(U_2, I_2) + G_{n2}(U_2, I_2)$, $G_{e2}(U_2, I_2) = G_{e20}(1 - \nu U_2^2)$ и СВЧ напряжение $U_{\text{вых}}$ на выходе модернизируемого фрагмента определяются негатроном и «полезной» резистивной нагрузкой. Отметим, что амплитуды U_2, I_2 совместно характеризуют

произвольное положение «рабочей» точки на вольтамперной характеристике (ВАХ) НЭ, параметр нелинейности ν и малосигнальная проводимостью $G_{e20}(U_{II})$ ЭП соответствуют методу гармонической линейризации теории нелинейных электрически цепей. При этом понятие «дифракция» трактуется как совокупность явлений, наблюдаемых при распространении ЭМ волн в неоднородной среде ИС гига- и терагерцового диапазонов. В то же время интерференцией называется изменение средней плотности потока колебательной энергии, обусловленное эффектом наложения сигналов вдоль кластера. Доказательство возможности и адекватности использования этих инвариантов логического элемента И-НЕ в общем ЭМ поле, не утрачивая части исходных данных, подробно изложено в [1-6].

Закономерности изменения отклика управляемого ВИ при регулировке однотонового воздействия будем искать в явном виде. Тогда, на первой стадии формализации токораспределения и алгоритмизации процедуры получения целевой функции КПД модернизируемого вентиля, исследуем нелинейное наложение сигналов в гальваническом соединении транзисторов. Считаем, что логический элемент возбуждается согласованным монохроматическим ПИ напряжения U_1 . В этом случае ток СВЧ, записанный в показательной и алгебраической форме:

$$\dot{I}_x(U_2, I_2) = I_x(U_2, I_2) \exp(j\varphi_{Ix}(U_2, I_2)) = \text{Re}(\dot{I}_x(U_2, I_2)) + j \text{Im}(\dot{I}_x(U_2, I_2)) \quad (1)$$

и слагаемые в его комплексном изображении (1) являются «зависимыми» переменными, детерминирующими нелинейные импедансные критерии в ВНЭ и вынужденное электрическое состояние фрагменты ИС.

В соответствии с постулатами сохранения целостности, корректной дуальности и общности метода неавтономных блоков, амплитуды и фазы сигнала ПИ и ВИ детерминируем с помощью макромоделей однородной линии передачи:

$$\begin{aligned} \dot{I}_x(U_2, I_2) &= \dot{I}_2(U_2, I_2) \cos \theta_x(U_2, I_2) + j \dot{U}_2(U_2, I_2) Y_0 \sin \theta_x(U_2, I_2) = \\ &= \dot{U}_2(U_2, I_2) [\dot{Y}_2(U_2, I_2) \cos \theta_x(U_2, I_2) + j Y_0 \sin \theta_x(U_2, I_2)]. \end{aligned} \quad (2)$$

Трансцендентное соотношение (2) является общим точным гармоническим решением уравнения Гельмгольца, корректно формализующим стоячую волну тока $\dot{I}_x(U_2, I_2)$ в кластере без конкретизации параметров зависимого генератора ЭДС, краевых условий в ЭВЦ.

Тогда на следующем этапе составления целевой функции КПД кластера относительно одной из этих переменных необходимо корректно минимизировать количество неизвестных величин в макромоделей вентиля СВЧ. Поэтому аналитический оператор (2) теории ЭВЦ будем изучать как сумму постоянного и СВЧ тока, циркулирующего по взаимосвязанной паре ЭП. В этом алгоритме «независимой» величиной считаем амплитуду волн напряжения U_2 , задающей «рабочую» точку на ВАХ $I_2=f(U_2)$ НЭ.

В ходе последующей диагностики стационарного вынужденного режима вентиля нормируем импеданс параллельной схемы $\dot{Y}_2(U_2)/Y_0=\dot{y}_2(U_2)=g_2(U_2)+jb_2(U_2)$ сосредоточенного НЭ в волновом масштабе. В этом случае равенство (3) приобретает вид:

$$\begin{aligned} \dot{I}_x(U_2) &= Y_0 \dot{U}_2(U_2) [\dot{y}_2(U_2) \cos \theta_x + j \sin \theta_x] = \\ &= Y_0 \dot{U}_2(U_2) \{g_2(U_2) \cos \theta_x + j [\sin \theta_x + b_2(U_2) \cos \theta_x]\}. \end{aligned} \quad (3)$$

Буквенно-цифровой оператор (3) иллюстрирует явление амплитудно-зависимой интерференции бегущих волн тока в ВНЭ, сопутствующее нелинейной дифракцию и композиции однотоновых сигналов при вариации резистивно-негатронной и реактивной проводимости НЭ. Из равенства (3) вытекает, что максимальная и минимальная величина стоячих волн тока СВЧ в эквивалентной длинной линии определяется вещественной и мнимой, линейной и амплитудно-зависимой суммой членов $g_2(U_2)\cos(\theta_x)$, $j\sin(\theta_x)$ и $jb_2(U_2)\cos(\theta_x)$, совместно детерминирующих комплексную входную проводимость кластера. Эти слагаемые связаны друг с другом одной и той же волновой проводимостью Y_0 эквивалентной двухпроводной линии, длины θ_x . Функции $\sin(\theta_x)$, $\cos(\theta_x)$ меняются периодически и синхронно в интервале $[-1, +1]$, а их экстремальные значения, определяемые сомножителями 1, $b_2(U_2)$, $g_2(U_2)$ сдвинуты на фиксированную величину $\theta_x = \pi/2$ друг относительно друга. Вместе с тем, для оптимизации волноведущих связей кластера с точки зрения увеличения его КПД, изменения входного импеданса ЭВЦ должны коррелировать между собой на клеммах сосредоточенного НЭ и ВНЭ.

В то же время степень когерентности ЭВЦ характеризуется не только соотношением фаз, но и амплитуд суммируемых прямого и обратного воздействий зависящих ПИ и ВИ. Тогда для наглядного и корректного символьного анализа нелинейных интерференционных свойств схемы (рис.1) при управлении импедансными граничными условиями в ВНЭ, из выражения (3) запишем модуль комплексной амплитуды $\dot{I}_x$ волны тока:

$$I_x(U_2) = Y_0 U_2 \{1 + b_2^2(U_2) + g_2^2(U_2) \cos^2 \theta_x - [\cos \theta_x - b_2(U_2) \sin \theta_x]^2\}^{1/2}, \quad (4)$$

и фазовый сдвиг сигнала в линии:

$$\varphi_{Ix}(U_2) = \pi n + \operatorname{arctg} \frac{\sin \theta_x - b_2(U_2) \cos \theta_x}{g_2(U_2) \cos \theta_x}. \quad (5)$$

Откуда видно, что знак аргумента функции $\varphi_{Ix}(U_2)$ многозначно определяется амплитудно-зависимой величиной произведения $b_2(U_2)\cos(\theta_x)$ относительно члена коэффициента $\sin(\theta_x)$, что позволяет компенсировать их изменения, варьируя малосигнальную проводимость g_{e20} негатрона и «рабочую» точку на ВАХ НЭ. При реализации разности $\sin(\theta_x) - b_2(U_2)\cos(\theta_x) = 0$ на зажимах $x-x'$ ВНЭ наблюдается многорезонансный режим кластера. Здесь коэффициент $n=0,1,2,\dots$ соответствует номеру моды стоячей волны тока СВЧ в состоянии электрического равновесия ВНЭ. Формулы (4),(5) идентифицируют частотные и амплитудные свойства обратной связи ЭП по межсоединениям ИС в общем виде (т.е. без конкретизации их природы). Они обеспечивают составление аналитической целевой функции КПД кластера относительно одной переменной U_2 с учетом явления интерференции.

Для пояснения алгоритма минимизации количества операторов в теории вентили СВЧ путем выделения членов целевой функции КПД ЭВЦ, зависящих от электрической длины θ_x , представим равенство (5) в другом символьном виде

$$\varphi_{Ix}(U_2) = \pi n + \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \theta_x - b_2(U_2)}{g_2(U_2)}. \quad (6)$$

Из правой части выражения (6) следует, что знак числителя аргумента функции arctg задается величиной реактивного параметра $b_2(U_2)$ относительно функции $\operatorname{tg}(\theta_x)$. Он однозначно в явном виде характеризует «укорочение» и «удлинение» ВНЭ при вариации граничных условий ЭП за счет напряжения U_1 СВЧ.

Формула (6) прогнозирует в явном виде безинерционную регулировку фазы отклика ВИ ЭДС только величиной $g_{e2}(U_2)=g_{e20}(1-y)$ негatrona при фиксированной «полезной» нагрузке g_{n2} и нормированной интенсивности $y=vU_2^2$ сигнала.

Соотношения (4) - (6) наглядно демонстрируют характерные точки зависимостей модуля и аргумента переменных теории ЭВЦ, определяющих интервалы и маркеры волнового масштаба. Они корректно описывают нелинейные многомодовые свойства вентиля СВЧ, мгновенную вариацию волнового фронта вдоль гальванических и беспроводных соединений при дифракции ЭМ поля в ИС. В частности, при увеличении КПД ЭВЦ путем реализации резонанса токов в сечении 2-2' линии, например, когда параметр $b_2(U_2)=0$ сосредоточенного НЭ, и его проводимость СВЧ $g_2(U_2)=g_{e2}(U_2)$ задается негatronом при фиксированной величине g_{n2} , имеем:

$$I_x(U_2) = Y_0 U_2 \{1 + [g_2^2(U_2) - 1] \cos^2 \theta_x\}^{1/2}. \tag{7}$$

В этом случае обеспечивается управление амплитудой суммарного сигнала вентиля в реальном масштабе времени, так как токораспределение в нем регулируется активной компонентой $g_2(U_2)$ относительно единицы, характеризующей параметр Y_0 кластера в волновом масштабе. Синтезированный графический (рис.1) и аналитические (1)-(7) операторы иллюстрируют последовательность алгоритмизации аналитических расчетов положения «рабочих» точек на статической и динамической ВАХ НЭ и ВНЭ в макромодели логического элемента. Они наглядно демонстрируют, что для уменьшения энергопотребления и нагрева триггера нужно совместно проектировать оригинальную геометрию гальванических соединений и ЭП, учитывать нелинейную композицию ЭМ возмущений в нем. Кроме того, необходимо реализовать резонансный режим работы каждого кластера СВЧ при настройке отдельных участков и всей ЭВЦ в соответствии с тактовой частотой сигнала.

На рис.2 и 3 показаны результаты расчета СВЧ нормированного тока $i_x=I_x/Y_0 U_2$ ВНЭ при вариации переменной y в диапазоне от 0 до 1 и постоянной малосигнальной активной проводимости НЭ равной $g_{e02}=1,8$ (рис.2) и $g_{e02}=0,2$ (рис.3).

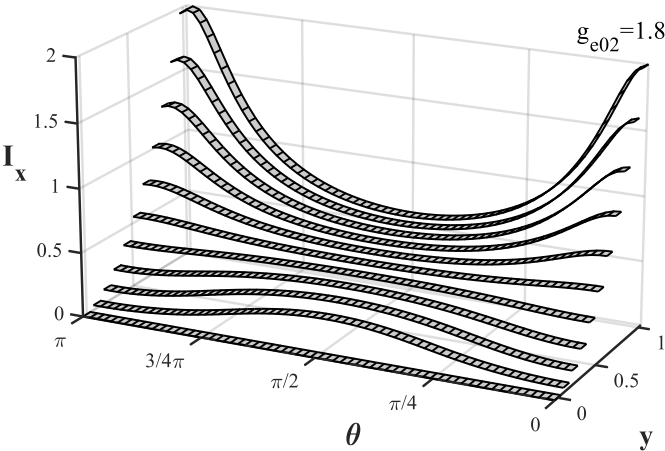


Рис. 2 – Результаты расчета нормированного тока i_x ВНЭ при постоянной малосигнальной активной проводимости НЭ равной $g_{e02}=1,8$.

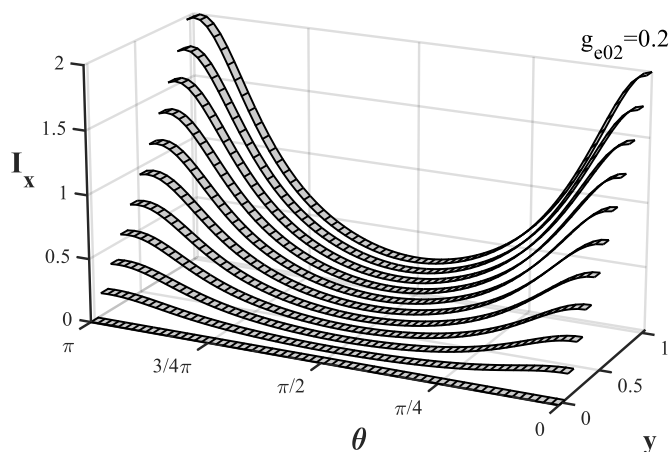


Рис. 3 – Результаты расчета нормированного тока i_x ВНЭ при постоянной малосигнальной активной проводимости НЭ равной $g_{e02}=0,2$.

Из построенных зависимостей можно сделать вывод, что при неизменной геометрии отрезка длинной линии с НЭ и частоте воздействия, картина распределения амплитуды переменного тока вдоль волноведущего канала кластера существенно зависит от интенсивности воздействующего сигнала, меняющего проводимость сосредоточенного НЭ.

Таким образом, в докладе приведена эволюционная методика диагностики амплитуды сигнала СВЧ при дифракции волн тока и алгоритмы символьного анализа влияния явления интерференции в общем ЭМ поле фрагмента вентиля И-НЕ, обеспечивающего сверхскоростную обработку информации. Получены в алгебраической и трансцендентной форме краевые и резонансные условия в нем с учетом комплексной проводимости двухполюсного НЭ при композиции прямого и обратного воздействий ПИ и ВИ. Оптимизация электрического строения взаимодействующей пары транзисторов с энергетической точки зрения осуществляется в волновом масштабе методом неавтономных блоков теории ЭВЦ. Она реализуется путем постепенного уточнения и минимизации количества переменных на разных этапах формализации когерентных электрических процессов в ВНЭ. При этом аналитический расчет вынужденного энергоэффективного режима фрагмента логического элемента формулируется как составление целевой функции КПД кластера относительно одной из этих переменных. Проведенный символьный анализ кластера следует рассматривать как первоначальную диагностику электрического строения вентиля СВЧ по переменному току, установления критериев минимизации потребления электрической мощности и нагрева сверхбыстродействующих транзисторов. Результаты исследования необходимы для совместного прогнозирования импедансных характеристик одно- и многоуровневых металлических соединений и ЭП триггеров ИС гига- и терагерцового диапазонов.

Список цитируемой литературы

1. Волощенко Ю.П., Волощенко П.Ю. Методология математического моделирования нелинейных волновых и колебательных электрических процессов в изделиях когерентной радио-, микро- и наноэлектроники. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2013. – 110 с.
2. Волощенко Ю.П., Волощенко П.Ю. Основы системного моделирования электрической структуры интеграции сверхбыстродействующих электронных приборов. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2014. – 94 с.

3. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Электро- и радиотехнические модели технологии когерентной электроники. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2016. –110 с.
4. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Основы теории одномерной нелинейной электрической и электронной волновой цепи: учеб. пособие для магистратуры. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2015. –100 с.
5. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Моделирование электронных компонентов интегральных схем методами теории электрических цепей: учебное пособие. – Ростов-на-Дону-Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2017. – 102 с.
6. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Теория энергетических процессов СВЧ в электронной волновой цепи: монография. –Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017. – 102 с.

© П.Ю. Волощенко, 2018 Ю.П. Волощенко, 2018

УДК 004.032.6

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЗАШУМЛЕННОСТИ КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДЕКОДИРОВАНИЯ JPWL

Д.С. Скороход, skorokhod1997@gmail.com

Южный Федеральный университет (ЮФУ), г. Ростов на Дону

Рассматривается общая задача передачи изображения по зашумленному каналу передачи данных с использованием формата JPEG 2000 и средств помехозащищенного кодирования JPWL в условиях заранее неизвестной интенсивности зашумления в канале. Для успешного декодирования в приемнике параметры JPWL передатчика должны соответствовать текущим характеристикам канала. В статье поставлена задача определения интенсивности зашумления по результатам декодирования JPWL в приемнике и подбора параметров JPWL, обеспечивающих наивысшее качество декодированного изображения при наименьшей длине передаваемого по каналу кодированного потока. Для решения этой задачи проведено экспериментальное исследование взаимосвязи между параметрами JPWL, интенсивностью зашумления и качеством декодированного изображения. Показано, что количество восстановленных тайлов (прямоугольных фрагментов изображения) имеет обратную статистическую зависимость от интенсивности зашумления канала при любых параметрах JPWL, что позволяет использовать эту величину для оценивания интенсивности зашумления.

Ключевые слова: зашумленный канал, оценка интенсивности зашумления, JPEG 2000, JPWL.

TO THE QUESTION OF EVALUATION OF THE NOISE INTENSITY IN THE CHANNEL BY RESULTS OF DECODING JPWL

D.S. Skorokhod

Shouthen Federal University (SFEDU), Rostov-on-Don

The general problem of image transmission over a noisy data transmission channel using JPEG 2000 format and JPWL jammers is under consideration in conditions of a previously unknown noise intensity in the channel. For successful decoding at the receiver, the transmitter JPWL parameters must match the current channel characteristics. The aim of the article is to determine the noise intensity from the JPWL decoding results in the receiver and to select the JPWL parameters providing the highest quality of the decoded picture with the smallest length of the coded stream transmitted over the channel. To solve this problem, an experimental study of the relationship between the parameters of JPWL, the noise intensity and the quality of the decoded image was carried out. It is shown that the number of restored tiles (rectangular image fragments) has an inverse statistical dependence on the channel noisy intensity at any JPWL parameters, which allows using this value to estimate the noise intensity.

Keywords: noisy channel, noise intensity evaluation, JPEG 2000, JPWL.

При передаче изображения с борта некоторого автономного или мобильного устройства по зашумленному каналу возникает задача использования средств помехозащищенного кодирования, которые могли бы обеспечить достаточную защиту передаваемого кодированного потока при его минимальной избыточности [1, 2]. Если параметры канала заранее неизвестны, для ее успешного решения требуется определить интенсивность зашумления в канале, после чего можно подобрать соответствующий вариант защиты кодового потока. Оценка интенсивности зашумления может быть получена только в приемнике, который принимает и декодирует искаженный кодовый поток.

Данная проблема рассматривается в работе на примере передачи изображения в формате JPEG 2000 с использованием системы JPWL в качестве средств помехозащищенного кодирования [3]. Целью работы является проведение экспериментального исследования зависимости качества декодированного приемником изображения JPEG 2000 и статистики декодирования приемником кодового потока JPWL, анализ возможности оценки интенсивности зашумления в канале на основе статистики декодирования JPWL.

Настоящее исследование является продолжением исследований, проведенных в [4–9]. В [4–7] исследованы возможности средств JPWL корректировать пакетные ошибки в зашумленном канале, вызывающие потерю сетевых пакетов и, как следствие, потерю данных некоторого непрерывного участка кодового потока. Сделан вывод о том, что JPWL в состоянии восстанавливать пакетные ошибки только при применении метода внутрикадрового чередования. В [8–9] описан исследовательский программный комплекс, предназначенный для моделирования пакетных ошибок и исследования зависимости качества декодированного изображения JPEG 2000 (с применением средств JPWL) от способа защиты JPWL и вероятности потери сетевого пакета. Описанные далее результаты исследований получены с использованием этого программного комплекса.

Проведенное экспериментальное исследование заключается в многократном моделировании передачи изображения от передатчика к приемнику по зашумленному каналу. В качестве исходного использовалось одно и то же цветное изображение размером 1024x768 пиксель, предварительно закодированное в формате JPEG 2000 с использованием средств JPWL. Полученный кодовый поток разбивался на сетевые пакеты, предназначенные для передачи по IP-сети. Моделирование влияния помех в канале выполнялось отбросом заданного процента сетевых пакетов, после чего оставшиеся пакеты объединялись в «поврежденный кодовый поток», условно принятый приемником. Далее «поврежденный» поток декодировался средствами JPWL, что должно было обеспечить восстановление утерянных фрагментов. На последнем этапе выполнялось декодирование кодового потока в изображение, которое сопоставлялось с оригиналом. В качестве меры сходства оригинала и принятого изображения использовалась величина PSNR.

Для защиты и восстановления поврежденного кодового потока стандартными средствами JPWL предусмотрено использование семейства кодов Рида-Соломона $RS(n,k)$ (RS-коды) [3]. При их использовании весь защищаемый поток разбивается на фрагменты по k байт. К каждому фрагменту вычисляется избыточный код длиной $n-k$ байт, который вместе с исходным фрагментом образует кодовое слово длиной n байт. Характерной особенностью такого кодового слова является возможность восстановления $(n-k)/2$ поврежденных байт. Сами по себе RS-коды не способны противостоять

пакетным ошибкам, в связи с чем, средствами JPWL использован метод внутрикадрового чередования, описанный и исследованный в [5–7]. Его задача – переставить матрицу кодового потока так, чтобы при потере сетевого пакета терялись не смежные байты данных, а байты, расположенные в разных частях потока. Обратная перестановка такой матрицы позволяет преобразовать пакетную ошибку в множество одиночных ошибок данных, которые могут быть скорректированы используемым RS-кодом.

В таблице 1 приведен перечень исследуемых RS-кодов и количество восстанавливаемых ими байт данных кодового слова.

Формат JPEG 2000 позволяет кодировать изображение, как целиком, так и по частям, предварительно разбив его на непересекающиеся прямоугольные фрагменты, называемые тайлами. В [5] показано, что для передачи по зашумленному каналу целесообразно использовать разбиение на тайлы, что способствует лучшей восстанавливаемости кодового потока.

Таблица 1

Исследуемые RS-коды			
RS-код	Восстанавливает (байт)	RS-код	Восстанавливает (байт)
RS(37,32)	2	RS(56,32)	12
RS(38,32)	3	RS(64,32)	16
RS(40,32)	4	RS(75,32)	21
RS(43,32)	5	RS(80,32)	24
RS(45,32)	6	RS(85,32)	26
RS(48,32)	8	RS(96,32)	32
RS(51,32)	9	RS(112,32)	40
RS(53,32)	10	RS(128,32)	48

В исследовании использовались тайлы размером 128x128 пиксель, что дает 48 тайлов на все изображение. Кроме того, JPEG 2000 поддерживает два способа кодирования: обратимое и необратимое преобразование. Обратимое преобразование имеет низкий коэффициент компрессии, что делает невозможным его использование в беспроводных каналах с ограниченной пропускной способностью. По этому исследование ограничено только необратимым преобразованием с высоким коэффициентом компрессии. При использовании необратимого преобразования погрешность создается уже самим кодером JPEG 2000. В проводимых экспериментах PSNR кодера и декодера JPEG 2000 составляет 33,26.

При декодировании JPWL каждый тайл декодируется отдельно. Возможны три результата декодирования тайла. Если он не был поврежден или все повреждения данных успешно восстановлены, тайл считается полностью восстановленным. Если тайл как самостоятельная структурная единица кодового потока выделен, но его данные полностью не восстановлены, он считается частично восстановленным. Если тайл либо не выделен, либо невозможно восстановить его заголовок, он считается утерянным. В качестве статистики декодирования JPWL используется количество полностью восстановленных тайлов.

На рис. 1 и рис. 2 изображены графики зависимости значений PSNR декодированного восстановленного изображения, а так же количества полностью вос-

становленных тайлов от процента потерь пакетов, для заданных RS-кодов. Процент потерь пакетов изменяется в диапазоне от 1 до 25. Проанализируем графики на рис. 1 и 2 на примере RS-кода RS(64,32). Весь диапазон вероятности потери сетевого пакета, который составляет 1–25%, можно разбить на три участка.

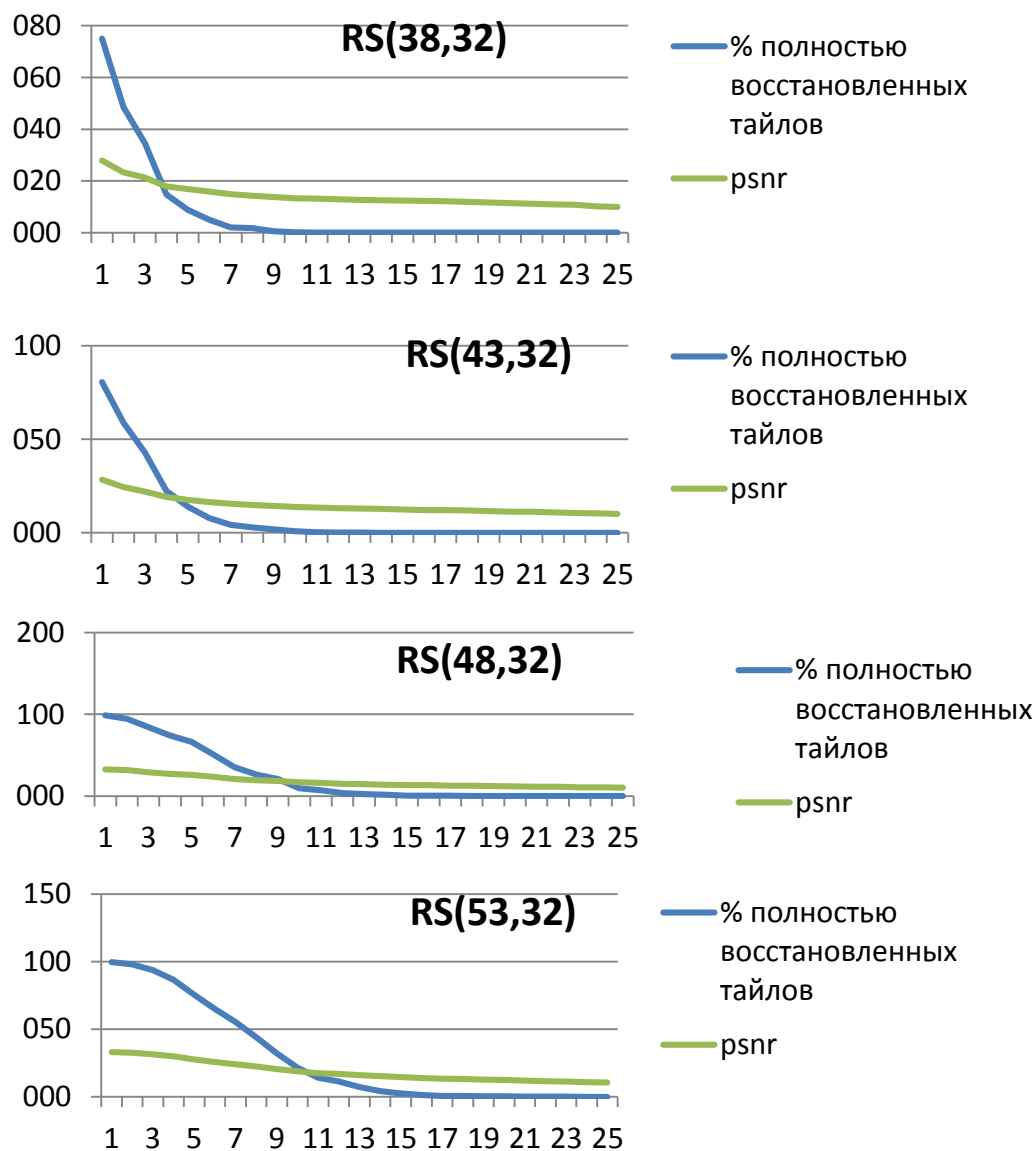


Рис.1. Графики зависимости для RS(38,32), RS(43,32), RS(48,32), RS(53,32)

На первом участке (1–9%) практически все тайлы изображения восстанавливаются полностью, что означает достаточность кода RS(64,32) при потере не более 9% пакетов в канале передачи данных. Однако этот код может оказаться излишне избыточным. Например, при потере только 1% пакетов достаточным будет также RS(48,32), длина которого на 25% меньше. На втором участке (9–17%) происходит резкое падение процента полностью восстановленных тайлов, зависимость которого от уровня пакетных потерь приобретает линейный характер. Линейный вид зависимости позволяет сделать вывод, что на этом участке можно достаточно точно определить процент потерь пакетов по значению процента полностью восстановленных тайлов. Третий участок (17-25%) образует зона недостаточности кода RS(64,32), на которой количество восстановленных фрагментов изображения стремится к нулю. Подобные зоны достаточности, линейности и недостаточности можно выделить на каждом из приведенных графиков. При этом зоны

линейной зависимости для разных кодов пересекаются друг с другом и в совокупности охватывают все возможные значения пакетных потерь от 1 до 25%. Это дает возможность построения алгоритма, способного за несколько итераций определить уровень зашумленности канала и подобрать достаточный RS-код, обеспечивающий заданный уровень PSNR декодированного изображения.

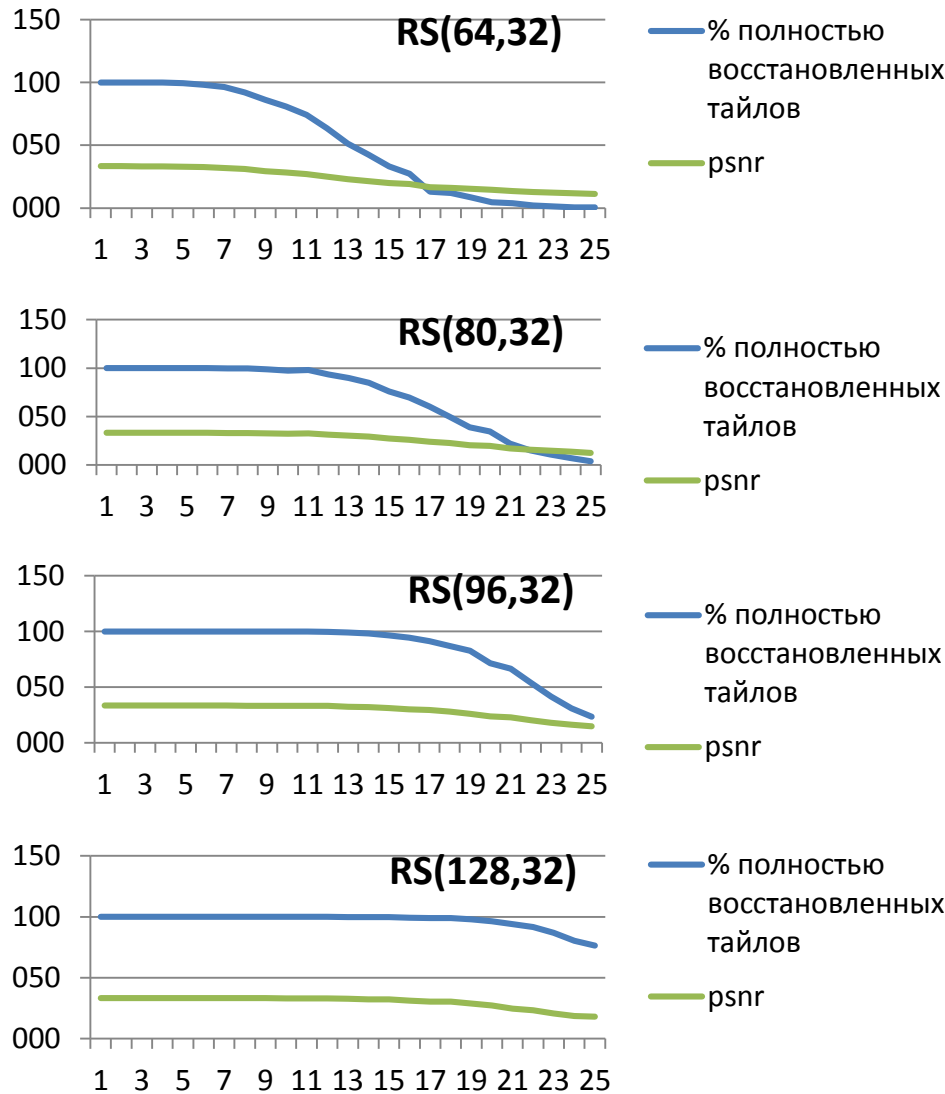


Рис.2. Графики зависимости для RS(64,32), RS(80,32), RS(96,32), RS(128,32)

Список цитируемой литературы

1. Дроздов С.Н., Жиглатый А.А., Кравченко П.П., Скороход С.В., Хусаинов Н.Ш. Об опыте реализации системы видеотрансляции в формате jpeg2000 и перспективах применения стандарта jpeg2000 для передачи видео и мультиспектральных данных с борта бпла // Известия ЮФУ. Технические науки. - Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2014, №7 (156). – С.161–170.
2. Скороход С.В., Кравченко П.П., Хусаинов Н.Ш. Анализ реализации средств защиты потокового видео в формате jpeg2000 от ошибок в канале передачи данных для бортовых систем видеотрансляции // Известия ЮФУ. Технические науки. - Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2014, №8 (157). – С.219–226.
3. Дроздов С. Н., Жиглатый А. Н., Кравченко П. П., Лутай В. Н., Хусаинов Н. Ш. Стандарт JPEG2000: базовые алгоритмы, примеры реализации и перспективы применения. - Ростов-на-Дону, Изд-во ЮФУ, 2014. – 255с.
4. Скороход С. В., Степанова А. П. Некоторые аспекты технологии сетевого взаимодействия между передатчиком и приемником в процессе видео трансляции // Известия ЮФУ. Технические науки.– Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2015, №4 (165).– С.171–181.

5. Skorokhod S. V. The experimental studies of the jpwl tools ability to correct burst errors in a noisy channel when transmitting video in a jpeg 2000 format // Journal of Theoretical and Applied Information TechNology, 10th November, 2015. Vol. 81, № 1, p.34-42,
6. Скороход С. В., Хусайнов Н. Ш. Исследование средств JPWL в условиях коррекции пакетных ошибок при передаче видео в формате JPEG 2000 // Известия ЮФУ. Технические науки.– 2016, №8 (181).– С. 14–26.
7. Скороход С. В., Касьянов А. О. К вопросу робастности средств JPWL в условиях пакетных ошибок // Информатика и кибернетика.– 2016. №3 (5).– С. 72–79.
8. Skorokhod S. V., Drozdov S. N., Khusainov N. S. Influence of Packet Errors in Noisy Channel on Quality of Transmitted Image in JPEG2000 Format Protected by JPWL // International Journal of Control Theory and Applications, 2016, Vol. 9 (35), p. 59-75.
9. Скороход С. В., Дроздов С. Н., Скороход Д. С. Исследование зависимости качества декодированного изображения в формате JPEG 2000 от параметров JPWL и частоты пакетных ошибок в зашумленном канале // Инженерный вестник Дона, 2017, №4. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4453>.

© Д. С. Скороход, 2017

УДК 331.41, 658.562

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА (МЕТОДА 5S) В ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ НЕФТЕГАЗО- ВОГО ПРОФИЛЯ

***А.В. Величко**, e-mail: velichko@systserv.spb.su*

ООО "НПФ Система – Сервис", Санкт – Петербург

В статье рассматривается процесс внедрения в российское производство зарубежного метода работы контроля качества - метода 5S, представляющего из себя систему организации и рационализации рабочего пространства. Внедрение производилось в научно-производственной фирме по разработке комплексов автоматизации на крупных технологически сложных объектах нефтегазовой промышленности и малой энергетики. При внедрении новых методов были решены ряд проблем затрагивающих такие сферы как модернизация процессов производства, техническое оснащение рабочих мест и разница менталитета рабочих, занятых в российском производстве и их коллег из западных фирм.

EXPERIENCE INTRODUCTION OF TOOL LEAN PRODUCTION (5S METHOD) INTO THE DEVELOPMENT AND MANUFACTURE OF AUTOMATED SYSTEMS OF OIL AND GAS PROFILE

A.V. Velichko

"Scientific and Production Company Sistema-Service" Ltd., St. Petersburg

The article examines the process of introducing a foreign method of quality control work into Russian production - the 5S method, which is a system of organization and rationalization of the working space. The implementation was carried out in a research and production company for the development of automation complexes at large technologically complex facilities in the oil and gas industry and small-scale power engineering. When introducing new methods, a number of problems have been solved that affect such areas as modernization of production processes, technical equipment of workplaces and a difference in the mentality of workers employed in Russian production and their colleagues from Western firms.

Секция 3

Фундаментальные основы, теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики в медицине и биологии

УДК 574.22

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

А.А. Калий, e-mail: angelinakalij@yandex.ru, А.Л. Григорьян, e-mail: ms.bucky@mail.ru, М.С. Акопян, e-mail: mikhail.akopyan.kubsu@mail.ru, Л.Р. Григорьян, e-mail: leonmezon@mail.ru,
Кубанский государственный университет (КубГУ), г. Краснодар

С увеличением глубины познания природы заболеваний человека не менее важное значение имеет технический прогресс в развитии медицинской техники. В последнем случае наряду с развитием медицинского инструментария стационарных медицинских учреждений большое развитие получила также «малая» медицинская техника, адаптированная к применению непосредственно в домашних условиях. В работе рассматривается обеспечение экологической безопасности жизнедеятельности человека. Тема эта достаточно обширна, но очевидно, что проблема обеспечения качества воды и продуктов питания наиболее актуальна. Среди аналитических приборов контроля качества продуктов питания наибольшее распространение получили измерители ионометрических параметров воды и плодоовощной продукции, использующие электрометрический метод, основанный на измерении относительной электропроводимости, характеризующей количество растворенных в исследуемых продуктах соединений ионов.

Ключевые слова: персональный контроль жизнедеятельности человека, ионоизмерители, кондуктометр, pH-тестеры, калибровка.

ANALYTICAL INSTRUMENTS OF ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY OF HUMAN LIFETIME

A.A.Kalij, A.L. Grigoryan, M.S. Akopyan, L.R. Grigoryan
Kuban State University (KubSU), Krasnodar

With increasing depth of knowledge of the nature of human diseases, technical progress in the development of medical technology is also essential. In the latter case, along with the development of medical instruments of in-patient medical institutions, a "small" medical technique, adapted to the application directly at home, also developed very much. In labor the maintenance of ecological safety of ability to live of the person is considered. This topic is quite extensive, but it is obvious that the problem of ensuring the quality of water and food is most relevant. Among the analytical devices for quality control of food products, the most widely used are the meters of ionometric parameters of water and fruit and vegetable products using the electrometric method based on measuring the relative electrical conductivity characterizing the amount of ion compounds dissolved in the used products.

Keywords: personal control of human vital activity, ionometers, conductivity meter, pH-testers, calibration.

Технический прогресс преобразил практически все стороны жизнедеятельности человека, в том числе и здравоохранение. В этом развитии наряду с увеличением глубины познания природы заболеваний человека не менее важное значение имеет профилактика различных заболеваний, а также обеспечение экологической безопасности жизнедеятельности человека. В последнем случае наряду с развитием медицинского инструментария стационарных медицинских учреждений большое развитие получила также «малая» медицинская и биоэкологическая техника, адаптированная к применению непосредственно в домашних условиях [1,2].

Тема обеспечения экологической безопасности жизнедеятельности человека достаточно обширна, но очевидно, что качество воды и продуктов питания наиболее актуальна в аспекте рассматриваемой в работе проблемы.

Среди аналитических приборов контроля качества продуктов питания наибольшее распространение получили измерители ионометрических параметров воды и плодоовощной продукции.

1 Способы построения ионоизмерителя. В практике ионометрии наиболее распространен электрометрический метод, основанный на измерении относительной электропроводности, характеризующей количество растворенных в исследуемых продуктах соединений ионов [3].

Номенклатура электроизмерительных ионоизмерителей включает:

- кондуктометры для измерения удельной электропроводности воды;
- рН-тестеры для измерения активности ионов водорода;
- нитрат-тестеры для оценки содержания нитратов в плодоовощной продукции.

Характерной особенностью данных ионоизмерителей является значительные различия в реализованных в них схемно-технических решениях. Так в кондуктометрах зарубежных производителей зачастую используют предварительное преобразование электропроводности в частоту импульсов, а в нитрат-тестерах фирмы «СОЭКС» значение нитратов в биопродуктах определяется по относительному изменению амплитуды тестового сигнала.

Промежуточное преобразование электропроводности в частоту импульсов позволяет значительно расширить динамический диапазон устройств. Однако значительная нелинейность частотного преобразователя существенно нивелирует его достоинство.

В нитрат-тестере «СОЭКС» решена задача генерирования стабильного по амплитуде высокочастотного тестового сигнала, однако не исключена более существенная погрешность измерения амплитуды этого сигнала. Данная погрешность определяется нелинейностью амплитудной характеристики детектора и, учитывая значительное неравенство сравниваемых сигналов, снижает точность и достоверность данного метода измерения и устройства его реализующего.

Также необходимо отметить, что используемый амплитудный детектор, реагирующий как на амплитудное значение непосредственно тестового сигнала, так и на помехи, воздействующие на него, не обеспечивает в целом необходимой помехоустойчивости устройства.

Для исключения выше перечисленных недостатков разработан универсальный ионоизмеритель [4], отличительными признаками которого являются введение управляемого от микроконтроллера цифрового потенциометра, а также использование в качестве преобразователя переменного напряжения в постоянное синхронного детектора. Введение цифрового потенциометра позволяет выровнять внутреннее сопротивление (сопротивление цифрового потенциометра) источника тестового сигнала и сопротивление измеряемой среды, а это значит, что напряжение на измерительном зонде примерно будет равно половине амплитуды тестового сигнала. Учитывая, что априорно сопротивление исследуемой среды известно (с учетом предельно допустимого допуска), то устанавливая такое же сопротивление цифрового потенциометра, возможно, стабилизировать напряжение на измерительном зонде, независимо от конкретного типа исследуемой среды

продукта. Применение синхронного детектора позволяет минимизировать влияние помех, воздействующих на измеряемую среду продукта и в целом решить проблему помехоустойчивости ионоизмерителя.

На рис.1 представлена функциональная схема электрометрического ионоизмерителя.

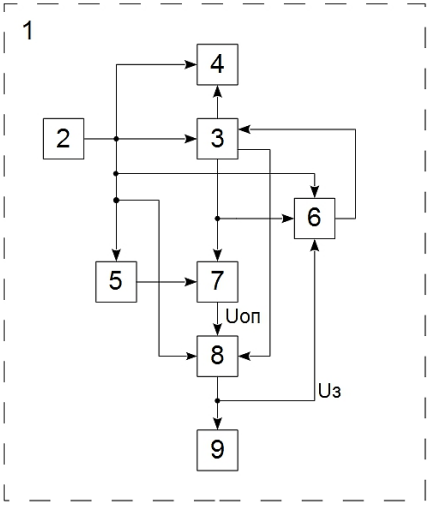


Рис.1 - Функциональная схема электрометрического ионоизмерителя

Электрометрический ионоизмеритель 1 состоит из источника питания 2, подключенного к микроконтроллеру 3, жидкокристаллическому индикатору 4, источнику опорного напряжения 5, синхронному детектору 6 и цифровому потенциометру 8. Первый выход микроконтроллера 3 подключен к жидкокристаллическому индикатору 4, второй выход соединен с управляющими входами синхронного детектора 6 и модулятора 7, а третий выход подключен к управляющему входу цифрового потенциометра 8. Выход источника опорного напряжения 5 подключен к сигнальному входу модулятора 7, выход которого соединен с сигнальным входом цифрового потенциометра 8. Выход цифрового потенциометра 8 подключен к измерительному зонду 9 и к сигнальному входу синхронного детектора 6.

Электрометрический ионоизмеритель 1 работает следующим образом. После включения источника питания 2 ионоизмерителя 1 производят запитку микроконтроллера 3, жидкокристаллического индикатора 4, источника опорного напряжения 5, синхронного детектора 6, модулятора 7 и цифрового потенциометра 8. Органами управления ионоизмерителя 1 из базы данных микроконтроллера 3 производят выбор исследуемой среды и тип измеряемой характеристики. На жидкокристаллическом индикаторе 4 фиксируют название выбранной среды, тип измеряемой характеристики и связанные с ними норму предельно допустимой концентрации (ПДК), а также частоту тестового сигнала.

Далее осуществляют контакт измерительного зонда 9 с исследуемой средой, после чего микроконтроллер 3 вырабатывает управляющий сигнал прямоугольной формы и частотой адаптированной к исследуемой среде. Этот сигнал поступает на управляющие входы синхронного детектора 6 и модулятора 7. На сигнальный вход модулятора 7 с источника опорного напряжения 5 поступает постоянное напряжение с амплитудой $U_{оп}$. Таким образом, с выхода модулятора 7 на цифровой потенциометр 8 поступает тестовый сигнал прямоугольной формы и амплитудой $U_{оп}$.

Следовательно, напряжение на измерительном зонде 9 при воздействии на него исследуемой среды определяется по формуле (1):

$$U_3 = \frac{U_{оп} \cdot R_3}{R_{цп} + R_3} \quad (1)$$

где $U_{оп}$ - амплитуда опорного сигнала; R_3 - сопротивление измеряемой среды; $R_{цп}$ - сопротивление цифрового потенциометра.

Из этой формулы следует, что:

$$R_3 = \frac{U_3 \cdot R_{цп}}{U_{оп} - U_3} \quad (2)$$

Из формулы (2) определяем содержание ионов в исследуемой среде:

$$N = K \cdot R_3 \quad (3)$$

где K – калибровочный коэффициент, размерность и значение которого определяется типом измеряемой характеристики исследуемой среды.

Таким образом, принцип действия прибора основан на прямом измерении сопротивления исследуемой среды, определяемом количеством исследуемых соединений в среде и расстоянием между электродами зонда прибора.

Отметим ряд отличительных особенностей разработанного ионоизмерителя.

1) Как следует из формулы (1) при установлении $R_{цп} \approx R_3$ напряжение $U_3 \approx 0,5U_{оп}$. Эта пропорция соблюдается для всех типов продуктов, так как, во-первых, примерное значение сопротивления R_3 априорно известно и может быть учтено в процессе подготовки прибора к измерению, а во-вторых микроконтроллером в процессе измерения осуществляется более точная подгонка сопротивления цифрового потенциометра до соблюдения равенства $U_3 \approx 0,5U_{оп}$. Таким образом, независимо от типа исследуемой среды, синхронный детектор осуществляет преобразование переменного напряжения в постоянное практически одного уровня, а именно $U_{сд} \approx 0,5U_{оп}$.

2) Применение в приборе синхронного детектора позволило практически исключить влияние помех и наводок и таким образом решить проблему повышения помехоустойчивости прибора.

3) Используемое в заявляемом устройстве прямое измерение сопротивления среды придают ему универсальные свойства, как кондуктометра, рН-тестера и нитрат-тестера. Возникающая при этом проблема увеличения диапазона частот тестового сигнала (от десятков герц до сотен килогерц) решается путем использования возможностей микроконтроллера в качестве задающего генератора и быстродействующих аналоговых ключей в модуляторе и синхронном детекторе.

Предложенные выше схемно-технические решения позволяют минимизировать инструментальные погрешности электрометрических ионоизмерителей. Не менее важно также свести к минимуму относительную погрешность, определяемую точностью калибровки ионоизмерителей.

2 Способы калибровки ионоизмерителей. Для калибровки ионоизмерителей наибольшее распространение получил метод с использованием калибровочных растворов. В то же время практическая реализация метода для каждого из трех режимов применения ионоизмерителя имеет свои особенности и отличия.

2.1 Калибровка в режиме кондуктометр. Для калибровки ионоизмерителей в режиме кондуктометра используются растворы хлорида калия (KCl) или хлорида натрия (NaCl). Для этого точно измеренное количество сухого KCl должно быть растворено в известном количестве воды в мерной пробирке.

В таблице 1 и 2 приведены значения удельной электропроводности 0,01 М водного раствора хлорида калия и поправочные коэффициенты для электропроводности при различной температуре [5].

Таблица 1

Удельная электропроводность 0,01 М водного раствора хлорида калия

Температура, °С	15	16	17	18	19	20
λ_{KCl}	1147	1173	1199	1225	1251	1278
Температура, °С	21	22	23	24	25	
λ_{KCl}	1305	1332	1359	1386	1447	

Таблица 2

Поправочные коэффициенты для электропроводности при различной температуре

Температура, °С	12	13	14	15	16
Поправочный коэффициента	1,213	1,182	1,151	1,132	1,095
Температура, °С	17	18	19	20	21
Поправочный коэффициента	1,071	1,2046	1,023	1,000	0,979
Температура, °С	22	23	24	25	26
Поправочный коэффициента	0,958	0,937	0,919	0,901	0,840
Температура, °С	27	28	29	30	
Поправочный коэффициента	0,810	0,790	0,770	0,750	

Далее необходимо измерить электросопротивление раствора в приготовленной ячейке R_{KCl} и сравнить с удельной электропроводностью λ_{KCl} раствора KCl при данной температуре в мкСм/см. Калибровочный коэффициент рассчитывается по формуле:

$$C_K = R_{KCl} \cdot \lambda_{KCl} \tag{4}$$

Определив C_K (значение записывается в память прибора) расчет удельной электропроводности воды производится по формуле:

$$\lambda = \frac{R_{KCl} \cdot \lambda_{KCl}}{R_x} \tag{5}$$

Удельная электропроводность λ позволяет также оценить общую минерализацию (количество растворенных солей в воде) и жесткость воды.

Для приблизительной оценки минерализации воды можно придерживаться эмпирического найденного соотношения: содержание солей (мг/л) равно 0,65 мкСм/см [6].

По удельной электропроводности воды можно оценить и общую жесткость воды dСН, исходя из эмпирически найденного соотношения: 1 dСН = 40 мкСм/см.

2.2 Калибровка в режиме нитрат-тестер. Калибровка прибора в этом режиме осуществляется с использованием ионометрического (потенциометрического) метода в соответствии с ГОСТ 29270-95 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов» [6]. Последовательности операций при калибровке следующая:

Подготовка растворов сравнения

- Основной раствор азотнокислого калия или азотнокислого натрия $c(NO_3) = 0,1$ моль/дм³ ($\rho C_{NO_3} = -lgC = 1$);
- раствор сравнения $c(NO_3) = 0,01$ моль/ дм³ ($\rho C_{NO_3} = -lgC = 2,0$);
- раствор сравнения $c(NO_3) = 0,001$ моль/ дм³ ($\rho C_{NO_3} = -lgC = 3$);
- раствор сравнения $c(NO_3) = 0,0001$ моль/ дм³ ($\rho C_{NO_3} = -lgC = 4$).

Построение градуировочной характеристики

В соответствии с ГОСТ 29270-95 исходными данными при построении

градуировочной характеристики являются значения электродвижущей силы растворов сравнения, определяемых как разность потенциалов между погруженными в них мембранным нитратным ионоселективным электродом и хлоросеребряным электродом:

- $c(\text{NO}_3) = 0,1 \text{ моль/ дм}^3 (\rho C_{\text{NO}_3} = 1) - 224 \text{ мВ};$
- $c(\text{NO}_3) = 0,01 \text{ моль/ дм}^3 (\rho C_{\text{NO}_3} = 2) - 168 \text{ мВ};$
- $c(\text{NO}_3) = 0,001 \text{ моль/ дм}^3 (\rho C_{\text{NO}_3} = 3) - 112 \text{ мВ};$
- $c(\text{NO}_3) = 0,0001 \text{ моль/ дм}^3 (\rho C_{\text{NO}_3} = 4) - 56 \text{ мВ}.$

Исходя из принципа действия прибора необходимо найти зависимость сопротивления среды от значения электродвижущей силы растворов сравнения. Для этого погружают зонд прибора в растворы сравнения (начиная с растворов низких концентраций), изменяют сопротивление цифрового потенциометра, фиксируют его значение $R_{\text{цп}i}$ при достижении показаний прибора значений E_{P_i} .

Значения ($R_{\text{цп}i}$ и E_{P_i} являются исходными для расчета сопротивления растворов по формуле:

$$R_{P_i} = \frac{E_{P_i} \cdot R_{\text{цп}i}}{U_{\text{оп}} - E_{P_i}} \tag{6}$$

Определив R_{P_i} , строят градуированную характеристику.

По оси абсцисс откладывают значения ρC_{NO_3} , соответствующие растворам сравнения:

- $c(\text{NO}_3) = 0,1 \text{ моль/ дм}^3 (\rho C_{\text{NO}_3} = 1);$
- $c(\text{NO}_3) = 0,01 \text{ моль/ дм}^3 (\rho C_{\text{NO}_3} = 2);$
- $c(\text{NO}_3) = 0,001 \text{ моль/ дм}^3 (\rho C_{\text{NO}_3} = 3);$
- $c(\text{NO}_3) = 0,0001 \text{ моль/ дм}^3 (\rho C_{\text{NO}_3} = 4);$

По оси ординат откладывают соответствующие значения R_{P_i} (рис .2).

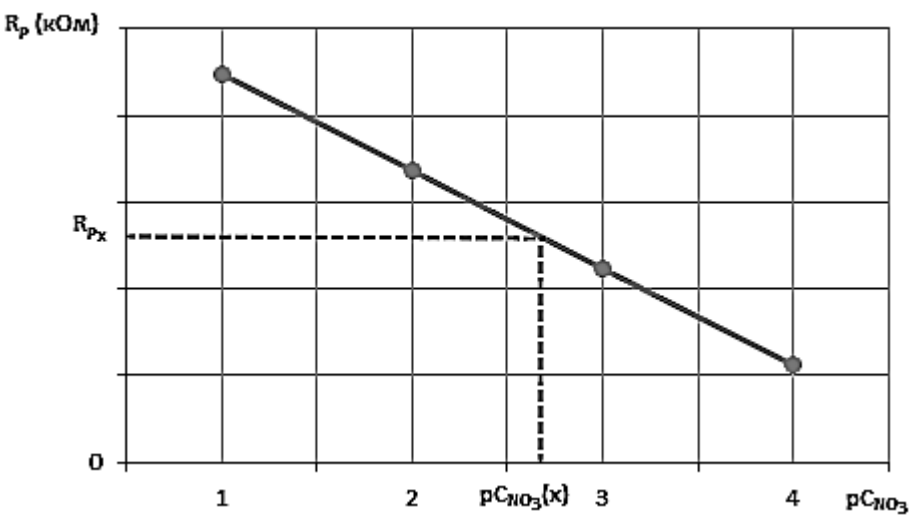


Рис. 2 - Диаграмма градуированной характеристики

Проведение измерения.

Погружают зонд прибора в исследуемый плодовоовощной продукт, измеряют значение R_{P_x} . По полученному значению R_{P_x} по градуировочному графику находят значение ρC_{NO_3} и далее из таблицы 3 определяют содержание нитратов миллиграмм на килограмм. Отметим, что значение ρC_{NO_3} может быть найдено

также по формуле

$$\frac{R_{\rho x}}{R_{\rho max}} = \rho C_{NO_3} \tag{7}$$

где $R_{\rho max}$ – значение сопротивления основного раствора, т.е. при $c(NO_3) = 0,1$ моль/ дм³ ($\rho C_{NO_3} = 1$) - 224 мВ.

Таблица 3

Содержание нитратов в продуктах в зависимости от значения ρC_{NO_3}

ρC_{NO_3}	Сотые доли ρC_{NO_3}									
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Содержание нитратов, мг/кг										
1,6	9188	8979	8775	8575	8380	8189	8003	7843	7643	7459
1,7	7299	7133	6970	6812	6656	6505	6357	6212	6071	5933
1,8	5798	5666	5537	5411	5287	5167	5049	4935	4822	4712
1,9	4605	4500	4398	4298	4200	4104	4011	3920	3830	3743
2,0	3658	3575	3439	3414	3336	3260	3186	3113	3043	2933
2,1	2906	2840	2775	2712	2650	2590	2531	2473	2417	2362
2,2	2308	2256	2204	2154	2105	2057	2010	1964	1920	1876
2,3	1833	1792	1751	1711	1672	1634	1597	1560	1525	1490
2,4	1456	1428	1391	1359	1328	1298	1268	1239	1211	1184
2,5	1157	1180	1105	1080	1055	1031	1007	985	962	940
2,6	919	898	877	858	838	819	800	732	764	747
2,7	730	713	679	681	666	650	636	621	607	593
2,8	580	567	554	541	529	517	505	493	482	471
2,9	461	450	440	430	420	410	401	392	382	374
3,0	366	357	349	341	334	326	319	311	304	297
3,1	291	284	277	271	265	259	253	247	242	236
3,2	231	226	220	215	210	206	201	196	192	188
3,3	183	179	175	171	167	163	160	156	152	149
3,4	146	142	139	136	133	130	127	124	121	118
3,5	116	113	110	108	105	103	101	98	96	94
3,6	92	89	87	85	83	81	80	78	76	75
3,7	73	71	69	68	66	65	64	62	61	59
3,8	58	56	55	54	53	52	51	49	48	47
3,9	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37
4,0	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Примечание – Данные для разбавления навески в 5 раз: в случае разбавления навески в 10 раз (суперхлебы и фрукты), результаты анализа увеличиваются в 2 раза.										

2.3 Калибровка в режиме рН-тестер. Водородный показатель, рН — мера активности ионов водорода в растворе, количественно выражающая его кислотность [6]. Другими словами рН показывает кислотно-щелочной баланс в растворе. Он равен по модулю и противоположен по знаку десятичному логарифму активности водородных ионов, выраженной в молях на один литр.

Вода является слабым электролитом; она слабо диссоциирует по уравнению [8]:



При 25 °С в 1 л воды распадается на ионы 10⁻⁷ моль Н₂О. Концентрация ионов Н⁺ и ОН⁻ (в моль/л) будет равна

$$[H^+]=[OH^-]=10^{-7} \tag{8}$$

Чистая вода имеет нейтральную реакцию. При добавлении в нее кислоты концентрация ионов Н⁺ увеличивается, т.е. [Н⁺]>10⁻⁷ моль/л; концентрация ионов ОН⁻ уменьшается, т.е. [ОН⁻]<10⁻⁷ моль/л. При добавлении щелочи концентрация ионов ОН⁻ увеличивается, т.е. [ОН⁻]>10⁻⁷ моль/л; следовательно, [Н⁺]<10⁻⁷ моль/л.

На практике, для выражения кислотности или щелочности раствора вместо концентрации $[H^+]$ используют ее отрицательный десятичный логарифм, который называют водородным показателем pH:

$$pH = -\lg[H^+] \quad (9)$$

В нейтральной воде $pH=7$. Для растворов с кислой реакцией $pH<7$. Для растворов со щелочной реакцией $pH>7$.

Если учесть, что свойства растворов зависят от активностей находящихся в них ионов, то следует приведенное выражение записать в виде:

$$pH = \lg a_{H^+} \quad (10)$$

В разбавленных растворах значения концентрации и активности совпадают и только при высокой минерализации могут быть значительные расхождения.

В современных портативных, цифровых pH-метрах вместо системы электродов используется один комбинированный ионоселективный электрод. Наибольшее практическое применение получил стеклянный индикаторный электрод. Стеклянный электрод изготавливается из специальных сортов стекла, обладающих некоторой электропроводностью, достаточной, чтобы тонкую пленку из такого стекла можно было бы включить в качестве составляющей электрической цепи [9]. Для измерения pH используется стекло, электропроводность которого обусловлена перемещением в стекле ионов H^+ (электропроводность любого стекла обусловлена способностью к перемещению катионов относительно неподвижного остова - полианиона полимерной кремниевой кислоты). Принцип работы измерения pH основан на измерении электродвижущей силы элемента, состоящего из электрода сравнения с известной величиной потенциала и индикаторного электрода, потенциал которого обусловлен концентрацией ионов водорода в испытуемом растворе. На рис.3 показан внешний вид pH-электрода типа E-201-с, используемого в приборе.



Рис.3 - Внешний вид pH-электрода типа E-201-с

В результате калибровки, шкала измерительного блока прибора в режиме pH-метра градуирована в единицах pH. Для градуировки прибора использовались стандартные калибровочные растворы pH по ГОСТ: 1,65; 3,56; 4,01; 6,86; 9,19; 12,43. Анализ калибровки показал, что вполне удовлетворительно линеаризировать шкалу прибора возможно по трем значениям 1,65; 6,86; 9,19.

3 Результаты работы

1) В реализации экологической безопасности предложено сосредоточиться на оценке качества воды и продуктов питания. В этом контексте проведен анализ имеющейся аппаратуры по ионометрии, что позволило разработать универсальный

ионоизмеритель [4], обеспечивающий измерение электропроводности и водородного показателя рН воды, а также и нитратов плодовоовощной продукции. Оптимизированы и уточнены методы калибровки для разработанного ионоизмерителя.

2) Разработаны опытные образцы приборов и проведены лабораторные и натурные испытания. Результаты подтвердили правильность заложенной в приборе концепции прямого измерения сопротивления среды.

3) С учетом эффективности использования цифровых потенциометров предложены пути усовершенствования структуры ионноизмерителя, позволяющие улучшить метрологические характеристики и повысить помехоустойчивость прибора.

Список цитируемой литературы

1. Бердников А.В. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы. Часть I. Технические методы и аппараты для экспресс-диагностики: Учеб. пособие / А.В. Бердников, М.В. Семко, Ю.А. Широкова. – Казань: Казан. гос. техн. ун-т, 2004. 176 С.
2. Илясов Л.В. Биомедицинская измерительная техника / Л.В. Илясов. – М.: Высшая школа, 2007. 342 С.
3. Золотов Ю.А. и др. Основы аналитической химии в двух книгах. Книга 1 и 2. – М.: Высшая школа, 2004. 361 с.
4. Патент РФ № 152732. Электрометрический ионоизмеритель. опубл. 20.06.15.
5. Измерение электропроводности и солености воды кондуктометрическим методом // URL: http://www.o8ode.ru/article/answer/method/Measurement_of_conductivity
6. Хомченко И.Г., Трифонов А.В., Разуваев Б.Н. Современный аквариум и химия. М.: 1997.
7. ГОСТ 29270-95. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2010. – 11 с.
8. Водородный показатель/URL: <http://www.ru.wikipedia.org/wiki>
9. НПП «Семико» / рН-метрия. – (Рус.) – URL: <http://www.multitest.semico.ru/ph.html>

© А.А. Калий, А.Л. Григорьян, М.С. Акопян, Л.Р. Григорьян, 2018

УДК 616-006.04

АНАЛИЗ ДАННЫХ ОСТРОГО ЛЕЙКОЗА В СИСТЕМЕ MATHCAD

И.А. Леднев, e-mail: lednev9621ivan@gmail.com,

В.В. Супрунов, e-mail: ya.suprunov2012@yandex.ru

Кубанский государственный университет, г. Краснодар

Исследована динамика показателей крови при лечении острого лейкоза, изучены показатели Хёрста RS-методом в системе Mathcad. Как известно, RS-анализ – анализ временных рядов на основе вычисления экспоненты Хёрста, позволяет определить некоторые важные статистические характеристики, такие как наличие непериодических циклов. Исследована возможность в установлении закономерностей изменения показателей крови в процессе лечения этого заболевания. Математически и статистически на основе большого объема данных, полученных у больных пациентов, были установлены некоторые закономерности изменения показателей крови в процессе лечения. Из пяти основных гематологических показателей, значение коэффициента Хёрста всегда > 0.5 . Выявлено, что вероятность развития острого лейкоза высока.

DATA ANALYSIS OF ACUTE LEUKEMIA IN MATHCAD

I.A. Lednev, V. V. Suprunov

Kuban state University, Krasnodar

The dynamics of indicators of blood in the treatment of acute leukemia the studied parameters of Hurst RS-method in Mathcad. As you know, RS-analysis – time series analysis based on Hurst exponent calculation, and allows to determine some important statistical characteristics such as the presence

of non-periodic cycles. We have investigated the possibility to establish patterns of change in blood counts during the treatment of this disease. Mathematically and statistically based on a large amount of data obtained from patients were established some regularities of changes in blood counts during treatment. Of the five main hematological parameters, the value of the Hurst coefficient always > 0.5 . It is revealed that the probability of development of acute leukemia is high.

За последние годы резко возросло число работ, посвященных исследованию временных рядов с помощью метода нормированного размаха [1]. С его применением исследуются последовательности измерений. Мерой, используемой в анализе временных рядов, является показатель Хёрста [2]. Эта величина уменьшается, когда задержка между двумя одинаковыми парами значений во временном ряду увеличивается. Для того, чтобы точнее определить показатель, временной ряд должен быть достаточно длинным.

В настоящее время активно развивается фрактальный анализ [3]. В природе встречаются объекты, которые демонстрируют случайные свойства. Часто предполагается, что в определённом диапазоне масштабов эти объекты демонстрируют свойства фракталов.

Целью данной работы является вычисление коэффициента Хёрста, используя методику фрактального анализа. В качестве исследуемых данных использовались гематологические показатели крови больных острым лейкозом. Вычисления проводились в программе Mathcad.

Острый лейкоз

Острый лейкоз — онкологическое заболевание, первично возникающее в костном мозге в результате мутации стволовой клетки крови [4]. Следствием мутации является потеря потомками матировавшей клетки способности к дифференцировке до зрелых клеток крови. Как и для большинства других опухолевых заболеваний, для острых лейкозов невозможно выделить специфический этиологический фактор. Острые лейкозы делятся на ряд видов, среди которых наибольшее значение имеют острый лимфобластный и острый миелобластный лейкозы.

Причины лейкоза до настоящего времени неизвестны. Считается, что определённые факторы повышают риск развития лейкемии: определённые генетические отклонения, заболевания иммунной системы, воздействие высоких доз радиации и химических веществ, которые подавляют костномозговое кроветворение.

Фракталы

Фракталы — это «самоподобные» фигуры, которые повторяют свою структуру при увеличении или уменьшении масштаба. На первый взгляд кажется, что все эти композиции — абстрактные объекты, не имеющие ничего общего с реальностью.

На самом деле фрактальное поведение демонстрируют и природные явления, причем самого разного калибра, начиная с «архитектуры» Вселенной и заканчивая формой береговых линий, деревьев, облаков, зернистой структурой металлов, керамики и минералов.

Главное отличие фракталов от других геометрических форм — их дробная размерность. Хорошо известно, что линия имеет одно измерение, то есть ее размерность равна 1, поверхность двумерна (размерность равна 2), а объемная фигура — это трехмерный объект (соответственно, размерность равна 3) [2].

В конце 90-х годов прошлого века было высказано предположение, что раковые опухоли и клетки являются по своей структуре «самоподобными» фигурами — фракталами. Результаты исследований, проверяющих эту гипотезу, были

противоречивыми. Не так давно ученые из США при помощи атомно-силового микроскопа установили, что нормальные и раковые эпителиальные клетки демонстрируют различное фрактальное поведение в наномасштабе. Исследователи обнаружили, что если измерить в каждой точке клетки силу, с которой игла атомно-силового микроскопа цепляется за ее поверхность, а затем визуализировать данные в виде своеобразной карты, то полученная фигура окажется фракталом; при этом для нормальных и раковых клеток размерность этого фрактала будет существенно различаться [5]. Установлено, что рак действительно порождает фрактальные структуры. Только этими структурами оказались не макроскопические опухоли клеток, а их поверхности.

RS-анализ

RS-анализ – анализ временных рядов на основе вычисления экспоненты Хёрста, совокупность статистических приёмов и методов анализа временных рядов, позволяющих определить некоторые важные их характеристики, такие как наличие непериодических циклов, памяти и т. п. [2]

Часто на практике изучаемые системы не являются нормально распределёнными или близкими к ней.

Для анализа таких систем [2] и был предложен метод Нормированного размаха (RS-анализ). Главным образом данный метод позволяет различить случайный и фрактальный временные ряды, а также делать выводы о наличии непериодических циклов, долговременной памяти и т.д.

Пусть имеется дискретный ряд наблюдений $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ некоторой величины X . N – объем данных, X_{cp} – среднее арифметическое ряда наблюдений (рисунок 1):

$$X_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Примем за S среднеквадратичное отклонение ряда (СКО):

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - X_{cp})^2}$$

Пусть Z – накопленное отклонение ряда X от среднего (см. рисунок 1), которое определяется в каждом дискрете X . Пусть u – некоторая переменная принимающая значение от 1 до N , тогда z_u – накопленное отклонение ряда X в точке u находится через X_{cpu} – среднее значение X на участке $[1; u]$:

$$z_u = \sum_{i=1}^u (x_i - X_{cpu})$$

где
$$X_{cpu} = \frac{1}{u} \sum_{j=1}^u x_j, \quad 1 \leq u \leq N.$$

Разность между максимальным и минимальным значениями накопленного отклонения Z на участке $[1; u]$ называется размахом накопленного отклонения – R_u :

$$R_u = \max_{1 \leq j \leq u} \{z_j\} - \min_{1 \leq j \leq u} \{z_j\}$$

На основании полученных данных вычисляется параметр Херста R/S – отношение размаха накопленного отклонения R_u к СКО ряда S при $1 \leq u \leq N$. Зависимость $R/S=f(N)$ описывается теоретической моделью, введенной Мандельбротом, для обобщенного броуновского движения:

$$R/S=(aN)^H, \tag{1.5}$$

где a – некоторая постоянная для конкретного процесса, $0 \leq H \leq 1$ – показатель Херста. Фрактальная размерность D определяется как:

$$D=2-H. \tag{1.6}$$

Показатель Херста H используется также для определения степени долговременной корреляции (статистической зависимости) между прошлыми приращениями и будущими. В теории фракталов эта зависимость определяется выражением:

$$C=2^{2H-1}-1. \tag{1.7}$$

Показатель степени Хёрста, показатель Хёрста или коэффициент Хёрста – мера, используемая в анализе временных рядов [7].

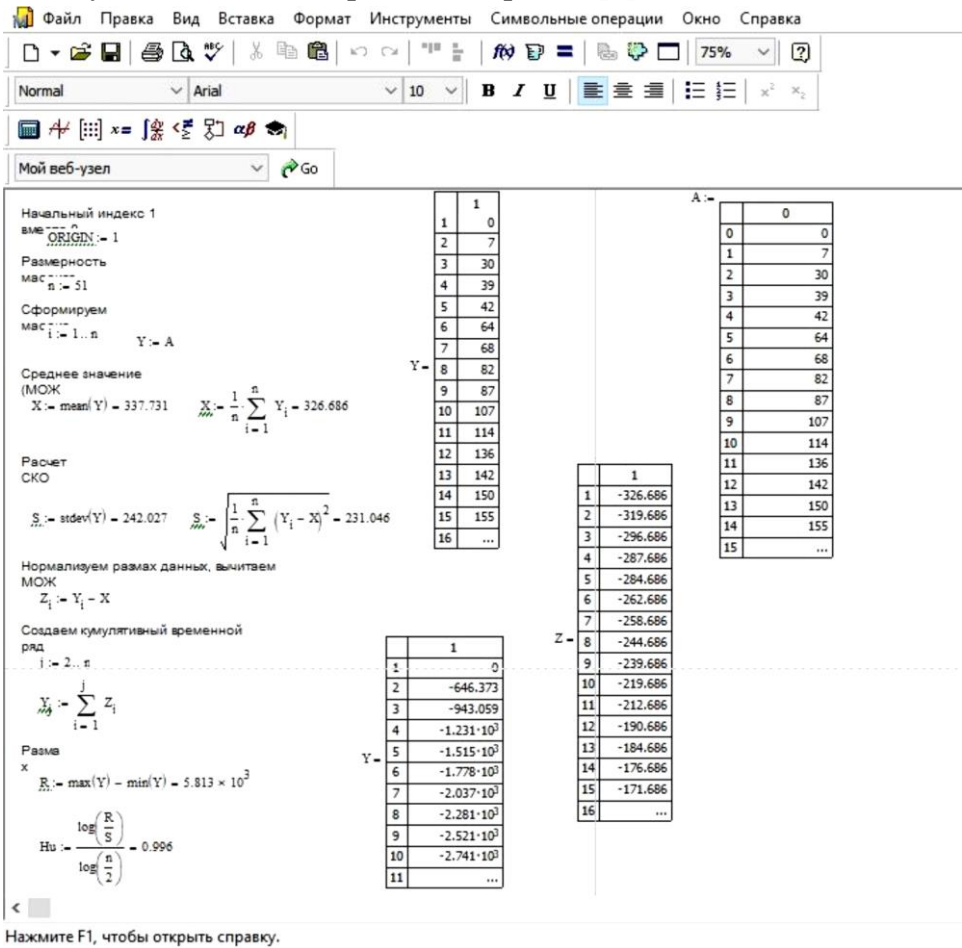


Рис. 1. Типичный результат вычислений.
Коэффициент Хёрста H = 0,996

Выделяют три различных типа значений показателя Хёрста:

1) $H = 0,5$

Такое значение H указывает на то, что ряд является случайным (например – Броуновское движение). События некоррелированы между собой, настоящее не влияет на будущее.

2) $0 \leq H \leq 0,5$

Данный диапазон значений показателя Хёрста соответствует антиперсистентным корреляциям значений временного ряда. Стохастический характер динамики сигнала состоит из частных измерений спад-подъем. В некоторых случаях рассматривается как розовый шум.

3) $0,5 < H < 1,0$

Значения показателя H , принадлежащие данному диапазону, характерны для персистентных или трендоустойчивых рядов. Персистентный временной ряд характеризуется наличием долговременных корреляций между текущими событиями и событиями в будущем. Такой ряд называется также черным шумом [2].

Полученные результаты.

Исследования проводились в системе MathCAD.

Во всех проведенных исследованиях коэффициент Хёрста оказался $H > 0.5$.

Таким образом, наличие фрактальной структуры у большинства основных гематологических показателей свидетельствует о том, что существует большая вероятность ремиссии болезни. Существенно, что с помощью R/S анализа появляется возможность, выявленной наличия онкологических заболеваний на ранних стадиях.

Список цитируемой литературы

1. Кузенков Н.П., Логинов В.М. Использование метода нормированного размаха при анализе речевых патологий неврологического генеза / Компьютерные исследования и моделирование, 2014, т.6 № 5 С. 775–791.
2. Калущ Ю. А Показатель Хёрста и его скрытые свойства / Ю. А. Калущ, В. М. Логинов Сиб. журн. индустр. матем. – 2002. – Т. 5, С. 29
3. Очков В. Mathcad 12. Для студентов и инженеров / В. Очков – М.: БХВ – Петербург, 2005. - 464 с.
4. Афанасьев Ю.И. Гистология, цитология и эмбриология / Ю.И Афанасьев, Е.А. Шубикова - 5-е издание. – М.: Медицина, 2002. - 744 с.
5. Русанова И.А Исследование фрактальной структуры поверхности кожи при раковых заболеваниях. / И.А Русанова, Л.А Нефедьев / Филология и культура, 2005, № 4, С. 106 – 111.
6. Данилова Л.А. Анализы крови и мочи./Л.А. Данилова - СПб.: Салит- Медкнига, 2003. - 128 с.
7. Назаренко Г. И. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований / Г.И. Назаренко, А.А. – М.: Медицина, 2005. -112с.
8. Федер Е. Фракталы / Е. Федер: Пер. с англ.- М.: Мир, 1991. - 254 с.
9. Пантелеев М. А. Тромбоциты и гемостаз. Онкогематология / М.А Пантелеев, А. Н. Свешникова – М.: Горячая Линия – Телеком, 2014. - 173с.

©, И.А. Леднев, В.В Супрунов, 2018

УДК 616-006.04

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КРОВИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ

П.Г. Дубин, e-mail: qwertyjackblack@gmail.com, **В.В. Супрунов**, e-mail: ya.suprunov2012@yandex.ru

Кубанский государственный университет, г. Краснодар

В данной статье описывается исследование некоторых основных гематологических показателей крови R/S методом для определения их фрактальной структуры. Это позволит изучить вероятностную картину течения болезни и её прогнозирование. В работе выполнены следующие

задачи: в математической среде MathCad написана программа, позволяющая проводить фрактальный анализ временных рядов; исследованы гематологические показатели крови с целью выявления у них фрактальной структуры. Полученные результаты выявили, что динамика показателей крови имеет фрактальную структуру. Показано, что применение R/S метода при исследовании основных гематологических показателей крови дает реальные возможности в обнаружении онкологических заболеваний на ранних стадиях.

Ключевые слова: онкологические заболевания, гематологические показатели крови, фрактальный анализ, метод Хёрста, общий анализ крови.

THE USE OF FRACTAL ANALYSIS TO THE STUDY OF BLOOD CANCER PATIENTS

P.G. Dubin, V.V. Suprunov.

Kuban state University, Krasnodar

This article describes a study of some basic hematological parameters of blood R/S method to determine their fractal structure. This allows you to learn a probabilistic picture of the disease and its prediction.

In the work performed the following tasks: - In the mathematical environment MathCad program is written allowing for fractal time series analysis. - Studied hematological parameters of blood to identify they have a fractal structure. The results showed that the dynamics of blood parameters has a fractal structure. It is shown that the application of R/S method for the investigation of basic haematological parameters of blood gives real opportunity in the detection of cancer at early stages.

Key words: oncological diseases, hematological parameters of blood, fractal analysis, Hirst method, General blood analysis.

Онкологические заболевания в современном мире являются огромной проблемой [1]. Объектом исследования в данной работе являются значения различных показателей крови, собираемых на протяжении 4 лет у женщины сорокалетнего возраста больной раком.

Целью данной работы является исследование всех показателей крови методом методом Хёрста [2] для определения фрактальной структуры и динамики гематологических показателей для изучения возможности прогнозировать картину течения болезни.

В связи с этим авторами была разработана компьютерная программа в интегральной среде MathCAD [3] позволяющая проводить фрактальный анализ временных рядов методом нормированного размаха. Затем были исследованы гематологические показатели крови для выявления у них фрактальных свойств.

Полученные результаты показывают, что динамика показателей крови имеет фрактальную структуру. Применение метода Хёрста в гематологических исследованиях показателей крови может быть использовано для диагностики онкологических заболеваний.

Гематологические аспекты онкологических заболеваний. В настоящее время в медицине используется большое количество установок и приборов, выдающих множество числовой информации о состоянии той или иной системы организма человека. Как известно, система - совокупность взаимосвязанных элементов, объединенных единством цели и функциональной целостностью. При выделении системы из среды наиболее целесообразно представить ее в виде модели. Модель - объект-заменитель, который в определенных условиях может заменить объект-оригинал. Воспроизводит определенные свойства и характеристики оригинала [3].

Для диагностики онкозаболеваний помимо анализа гемограммы с пациенту применяется стандартный набор процедур, зачастую достаточно болезненных [4]. Это стерильная пункция грудины, трепанобиопсия, биопсия лимфоузла или опу-

холи, цитогенетическое исследование и т.п. Но если идея вероятностной диагностики верна, то можно определять наличие онкозаболеваний крови с высокой точностью на основании одной гемограммы.

Гемограмма (клинический анализ крови), появляется отражением хода пролиферации и дифференцировки клеток крови, анализ может дать интегральную информацию о функциональном здоровье в целом. Математическое моделирование динамических показателей гемограммы при лечении онкозаболеваний кроветворной системы является важной задачей в современной медицине.

Благодаря гематологическому анализу крови можно обнаружить на ранней стадии практически любые болезни или патологии. Это наиболее распространенное исследование, не требующее от пациента особых усилий. Процедура забора материала почти безболезненна, поэтому подходит и для детей, и для взрослых.

Кроветворная система — это система органов организма, которая отвечает за постоянство состава крови. Так как в организме непрерывно разрушаются форменные элементы (эритроциты, лейкоциты и тромбоциты), то главной функцией кроветворных органов является постоянное пополнение клеточных элементов крови — гемопоэз. Кроветворная система, которой наделен человек, реагирует на изменение среды, что проявляется в количественных и качественных тенденциях.

Лечение онкологических заболеваний крови, как правило, является длительным процессом. При лечении у больного постоянно исследуется кровь, и, если проследить динамику, изменения многих показателей крови меняются скачкообразно и являются сложным объектом для исследования [5, 6]. Однако тенденцию показателей крови можно выявить, а также проанализировать процесс лечения как отдельного пациента, так и группы. Кроме того можно выявить общие тенденции динамики лечения больных [7].

Исследуемые параметры. Как известно, кровь состоит из нескольких элементов, это эритроциты, тромбоциты и лейкоциты. В настоящее время исследований было получено 24 компонента человеческой крови.

Эритроциты или красные кровяные тельца вырабатываются костным мозгом, каждый день в человеческом организме вырабатывается более 200 миллиардов эритроцитов [5]. В общем анализе крови у эритроцитов есть определенные параметры, такие как: усредненное значение объема эритроцита (MCV), гематокрит (HCT), гемоглобин (HGB).

Гемоглобин — белок, содержащийся в крови, отвечающий за перенос кислорода с помощью крови к клеткам всего организма.

Аналог цветового показателя (MCH)

MCH — (средний показатель содержания HGB в RBC) — аналог цветового показателя. Этот аналог при анализе показывает насколько клетки насыщены гемоглобином.

MCHC (среднее содержание и средняя концентрация кровяного пигмента в красных кровяных тельцах). MCHC напрямую зависит от таких показателей как MCV и MCH и рассчитывается, завися из уровней гемоглобина и гематокрита.

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ). Тромбоциты защищают организм от воздействия инородных тел. Они используются организмом как строительный материал, так как соединяют клетки, из которых наши кровеносные сосуды состоят [5]. В общем анализе крови у тромбоцитов есть определенный параметр, такой как: усредненное значение объема тромбоцита (MPV) [5].

Лейкоциты – крупные белые шарики, содержащиеся в крови. В человеческом организме существует множество видов лейкоцитов, которые отличаются по строению, функционалу и происхождению. Они являются главным инструментом иммунной системы и выполняют одну самую важную защиту от внешних и внутренних вредителей [6].

Метод Херста (R/S-метод). Метод Херста (он же R/S-метод) является статистическим методом и используется для анализа фрактальных свойств одномерных рядов. В данном случае под фрактальностью понимается фрактальная размерность D и степень долговременной корреляции C . При исследовании многих природных процессов и явлений результатом наблюдений являются различные ряды зависимостей. Наиболее часто встречаются временные зависимости, затем пространственные и в ряде случаев более абстрактные, как, например, изменение длительности земных суток. Подавляющее большинство таких рядов, особенно фрактального характера, целесообразно исследовать с помощью метода нормированного размаха, вычисляя показатель Хёрста [2]. Актуальным этот подход может оказаться и при анализе гематологических показателей крови, поскольку эти экспериментальные данные демонстрирует фрактальную структуру.

Классическая схема вычисления показателя выглядит следующим образом. Пусть имеется дискретный ряд наблюдений $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ некоторой величины X . N – объем данных, X_{cp} – среднее арифметическое ряда наблюдений:

$$X_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Примем за S среднеквадратичное отклонение ряда (СКО):

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - X_{cp})^2}$$

Пусть Z – *накопленное отклонение* ряда X от среднего, которое определяется в каждом дискрете X . Пусть u – некоторая переменная принимающая значение от 1 до N , тогда z_u – накопленное отклонение ряда X в точке u находится через X_{cpu} – среднее значение X на участке $[1; u]$:

$$z_u = \sum_{i=1}^u (x_i - X_{cpu})$$

где
$$X_{cpu} = \frac{1}{u} \sum_{j=1}^u x_j, \quad 1 \leq u \leq N.$$

Разность между максимальным и минимальным значениями накопленного отклонения Z на участке $[1; u]$ называется *размахом накопленного отклонения* – R_u :

$$R_u = \max_{1 \leq j \leq u} \{z_j\} - \min_{1 \leq j \leq u} \{z_j\}$$

На основании полученных данных вычисляется *параметр Херста* R/S – отношение размаха накопленного отклонения R_u к СКО ряда S при $1 \leq u \leq N$. Зависимость $R/S = f(N)$ описывается теоретической моделью, введенной Мандельбротом, для обобщенного броуновского движения:

$$R/S = (aN)^H, \quad (1.5)$$

где a – некоторая постоянная для конкретного процесса, $0 \leq H \leq 1$ – *показатель Херста*. Фрактальная размерность D определяется как:

$$D = 2 - H. \quad (1.6)$$

Показатель Херста H используется также для определения степени долговременной корреляции (статистической зависимости) между прошлыми приращениями и будущими. В теории фракталов эта зависимость определяется выражением:

$$C=2^{2H-1}-1. \tag{1.7}$$

Для нахождения показателя Херста H зависимость $R/S=f(N)$ строится в двойном логарифмическом масштабе, затем полученные экспериментальные точки аппроксимируются прямой, угловой коэффициент которой есть H . Вся область фрактальности ограничена линиями с $H=0$ и $H=1$. Она делится прямой с $H=0.5$ на персистентную и антиперсистентную.

Случай $H=0.5$, соответствует обычному броуновскому движению со статистически независимыми данными, в котором отсутствует долговременная корреляция, т.е. $C=0$). Персистентность означает, что если в течение некоторого времени t среднее значение процесса имело тенденцию к возрастанию, то в течение последующего интервала той же длительности t наиболее вероятно сохранение тенденции к возрастанию. И наоборот, если среднее значение процесса в течение некоторого времени t имеет тенденцию к убыванию, то наиболее вероятно, что в течение последующего интервала той же длительности t сохранится тенденция к убыванию. Коэффициент долговременной корреляции при $H>0.5$ всегда положителен (1.7), а при $H<0.5$ — отрицателен. Поэтому при антиперсистентности после возрастания переменной в течение времени t обычно происходит ее убывание в последующий такой же интервал времени, а при убывании — возрастание.

Все полученные результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 Результаты измерений

Параметры крови	Значение показателя Хёрста «Hu»
RBC(Эритроциты)	0.694
MCV(Усредненное значение объема эритроцита)	0.63
HCT(Гематокрит)	0.7
PLT(Тромбоциты)	0.606
MPV(Усредненное значение объема тромбоцита)	0.737
WBC(Нейтрофилы)	0.604
HGB(Гемоглобин)	0.731
MCH(Аналог цветового показателя крови)	0.813
MCHC(Средняя концентрация гемоглобина в эритроците)	0.908
СОЭ(Среднее время оседания эритроцитов)	0.543
Лимфоциты, %	0.704
Сегментоядерные, %	0.662
Эозинофилы	0.537
Моноциты	0.477
Палочкоядерные	0.602
Миелоциты	0.578

Как видно из таблицы фрактальная структура большинства основных гематологических показателей свидетельствует о том, что у динамики временного ряда присутствует сложная нелинейная структура. В ходе дальнейших исследований возможно более подробное объяснение свойств таких явлений как: 1) Ремиссионные циклы болезни 2) Скорость прогрессирования заболевания, выявленной на ранних стадиях заболевания 3) Прогнозирование картины распространения болезни в тканях на ранних стадиях заболевания.

Для усовершенствования и углубления анализа необходимо модификация программы для поиска аттракторов динамических систем. Знание поведения ряда в фазовом пространстве позволит говорить о вероятностном прогнозировании течения болезней на длительный период.

Список цитируемой литературы

1. Пантелеев М. А. Тромбоциты и гемостаз. Онкогематология / М.А Пантелеев, А.Н. Свешникова – М.: Горячая Линия – Телеком, 2014. - 173с.
2. Hurst H. Long Term Storage Capacity of Reservoirs / H. Hurst. – М.: Transactions of the American Society of Civil Engineers, 1951. – 116 с.
3. Очков В. Mathcad 12. Для студентов и инженеров / В. Очков – М.: БХВ – Петербург, 2005. - 464 с.
4. Афансьев Ю.И. Гистология, цитология и эмбриология / Ю.И Афансьев, Е.А. Шубикова – М.: «Медицина», 2002. - 744 с.
5. Данилова Л. А. Анализ крови и мочи. / Л.А. Данилова - СПб.: Салит-Медкнига, 2003. - 128с.
6. Назаренко Г.И. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований / Г. И. Назаренко, А.А. Кишкун, - М.: Медицина, 2005. - 112с.
7. Кишкун А.А. Руководство по лабораторным методам исследования / А.А. Кишкун // Примеры лабораторных исследований. сб. науч. тр. – М.: Медицина, 2007. – 76с.
8. Федер Е. Фракталы / Е. Федер: Пер. с англ.- М.: Мир, 1991. - 254 с.

©, П.Г. Дубин, В.В Супрунов, 2018

УДК 612.76

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ТРЕХМЕРНЫХ СКЕЛЕТНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ЗАДАЧ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ПАЦИЕНТАМИ

А.Я. Номерчук, e-mail: nomerchuk@gmail.com, Ю.Н. Семенов, e-mail: ynsemenov@sfsedu.ru, О.А. Шавартаев, e-mail: shavartaev.oa@mail.ru

Южный Федеральный университет, г. Таганрог

Наблюдение за пациентом является одним из важных методов в медицине при ранней диагностике заболеваний и в реабилитационном периоде. В данной статье предлагается подход к созданию системы идентификации и распознавания сцен на основе видео изображений. Для функционирования данной системы необходимо произвести формализации движения человека в пространстве, идентификацию его кинематических и динамических биомеханических характеристик.

В работе рассматривается подход к описанию тела человека в пространстве и построения кинематических характеристик движения частей тела. Для описания тела человека выбрана кинематическая модель. В качестве примера показано представление в виде нечеткой переменной кинематической пары, показан пример описания нечеткой и лингвистической переменных.

THE USE OF THE SPATIAL-TIME REPRESENTATION OF THE PERSON ON THE BASIS OF THREE-DIMENSIONAL SKELETAL DATA FOR OBJECTIVES OF OBSERVING PATIENTS

A.Ya. Nomerchuk, Yu.N. Semenov, O.A. Shavartaev,

Southern Federal University (SFedU), Taganrog

Observing the patient is one of the important methods in medicine for early diagnosis of diseases and in the rehabilitation period. This article proposes an approach to

creating a system for identifying and recognizing scenes based on video images. For the functioning of this system, it is necessary to formalize human movement in space, to identify its kinematic and dynamic biomechanical characteristics.

The paper considers an approach to describing a person's body in space and constructing kinematic characteristics of the motion of body parts. For the description of the human body, a kinematic model is chosen. As an example, the representation of a kinematic pair as a fuzzy variable is shown, an example of a description of fuzzy and linguistic variables is shown.

УДК 616-71

МОДУЛЬ ПРОЦЕССОРА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ГЛУБИНЫ НАРКОЗА

***В.А. Боднар, e-mail: bva@monitor-ltd.ru, Ю.И. Новикова,
e-mail: novikovaj6@gmail.com***

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

Система контроля глубины наркоза, о которой идет речь в статье, является отечественным аналогом широко известной системы слежения за глубиной наркоза BIS Vista иностранного производства. Статья посвящена разработке конструкторской документации на один из модулей этой системы – модуля процессора. Данный блок выполняет обработку экспериментальных данных (электроэнцефалограммы) по заданному алгоритму и вычисление числового индекса, соответствующего уровню сознания пациента. Нами составлены схема электрическая принципиальная, плата печатная и сборочный чертеж с использованием системы разработки схем и печатных плат Dip Trace. Последовательность разработки конструкторской документации сопровождается иллюстрациями.

PROCESSOR MODULE OF ANESTHETIC DEPTH MONITORING SYSTEM

V.A. Bodnar, J.I. Novikova

Don State Technical University, Rostov-on-Don

The anesthesia depth control system in question is a domestic analog of the well-known BIS Vista anesthesia monitoring system for foreign manufacture. The article is devoted to the development of design documentation for one of the modules of this system - the processor module. This block performs processing of experimental data (electroencephalogram) according to a given algorithm and calculation of a numerical index corresponding to the level of consciousness of the patient. We have drawn up an electrical schematic diagram, a printed circuit board and an assembly drawing using the circuit design system and Dip Trace circuit boards. The sequence of development of the design documentation is accompanied by illustrations.

УДК 614.2

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДРЕЙСОВЫХ МЕДИЦИНСКИХ ОСМОТРОВ

М.В. Волостнов, e-mail: volostnov.maksim@mail.ru, **А.Р. Сагутдинов**, e-mail: sag-azat@ya.ru **Ю.В. Ефимова**, e-mail: efjulia@mail.ru,

Чистопольский филиал Казанского национального исследовательского технического университета им. А. Н. Туполева-КАИ, ЧФ КНИТУ-КАИ

Целью данного проекта является создание единого устройства измерения, которое состоит из модулей измерения температуры, паров алкоголя и давления, разработка конструкторской и технологической документации на прототип устройства измерения, а также его изготовление и испытание. Использование устройства позволяет автоматически измерять у водителей такие физиологические параметры, как давление, пульс, температура тела и концентрацию алкоголя в выдыхаемом воздухе, что принесёт экономическую выгоду владельцам АТП и позволит уменьшить время прохождения медосмотра водителями, которые допускаются к управлению транспортным средством или спецтехникой в АТП.

DEVELOPMENT OF THE AUTOMATED SYSTEM OF PRE-EXPENSIVE MEDICAL INSPECTIONS

M.V. Volostnov, A.R. Sagutdinov, J.V. Efimova

Chistopol branch of Kazan National Research Technical University of the AN Tupolev

The purpose of this project is to create a single measurement device that consists of temperature measurement modules, alcohol and pressure vapor, development of design and technological documentation for the prototype measuring device, as well as its manufacture and testing. The use of the device allows to automatically measure physiological parameters such as pressure, pulse, body temperature and alcohol concentration in the exhaled air, which will bring economic benefits to owners of motor transport enterprises and will reduce the time for passing a medical examination by drivers who are allowed to drive a vehicle or special equipment in motor transport enterprises.

УДК 372.862

ИЗУЧЕНИЕ БИОМЕХАНИКИ КАК ВАЖНЫЙ КОМПОНЕНТ ПОДГОТОВКИ БУДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА

Д.В. Яскевич¹, e-mail: daniil3008@gmail.com, **А.В. Логинов²**, e-mail: Loginov_Anatoly@mail.ru, **Д.Г. Ермаков³**, e-mail: L_A_V@meta.ua,

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, г. Москва

Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко, г. Луганск

Ровеньковский республиканский костно-туберкулезный санаторий, г. Ровеньки

Статья посвящена вопросу важности знаний в области биомеханики в процессе подготовки будущего инженера. Авторы обосновывают необходимость базовых знаний в области биомеханики в процессе подготовки специалиста в области инженерии, значение изучения данной дисциплины в формировании профессионала и гармоничной личности. Особое внимание в работе уделяется отличиям в содержании материала по биомеханике в процессе подготовки инженеров по сравнению с преподаванием дисциплины для будущих специалистов в области физической культуры и студентов-медиков.

Ключевые слова: биомеханика, подготовка инженеров, преподавание.

STUDY OF BIOMECHANICS AS AN IMORTANT COMPONENT OF FUTURE ENGINEER'S TRAINING

D.V. Yaskevich¹, A.V. Loginov², D.G. Ermakov³

Bauman Moscow State Technical University, Moscow

Luhansk Taras Shevchenko National University, Luhansk

Rovenky Republican Bone Tuberculosis Sanatorium, Rovenky

The issue of important of knowledge of biomechanics at the process of future engineer's training is considered in the article. The necessity of basic knowledge in the field of biomechanics at the process of training of future specialist in engineering science, the value of this discipline's study in development of professional and harmonious personality are proved by authors. Special attention is paid to differences in discipline's content at the process of engineers' training comparing with teaching of the discipline for future specialists in physical training and medical students.

Keywords: biomechanics, engineers' training, teaching.

Биомеханика как наука нашла свое достойное место в подготовке специалистов в области медицины и физического воспитания со второй половины XX века, в литературе. Детально освещены вопросы содержания курса биомеханики, разработаны качественные учебные пособия по биомеханики для медиков, рассмотрены вопросы соотношения теоретического и практического знания при преподавании дисциплины. В то же время, вопрос преподавания биомеханики для студентов-инженеров только начинает обсуждаться. Немногие публикации по данной теме описывают узкие вопросы опыта преподавания биомеханики в технических вузах. В работе [1] описан опыт преподавания биомеханики в Харьковском политехническом институте, при этом отмечается, что дисциплина читается для студентов в области физического воспитания и спорта, биомедицинской электроники, биотехнических, медицинских аппаратов и систем – т.к. для специальностей которые либо занимаются изучением спорта либо находятся на стыке техники и медицины. В работе [2] освещен вопрос преподавания спецкурса «Основы биомеханики» для студентов специальности «Механика» Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина, Кизилова Н.Н. детально анализирует содержательный компонент курса, отмечает методологические трудности в процессе преподавания. Работы по освещению важности изучения биомеханики в процессе подготовке инженера, формировании гармоничной личности и будущего специалиста практически отсутствуют, что обуславливает важность и актуальность исследования данного вопроса.

Идея наблюдать и заимствовать идеи природы для создания инженерных сооружений и приборов – не нова, она известна древнейших времен. «Трансфер» биологических механизмов «в железо» и конструкции осуществлялся, начиная с Леонардо да Винчи. Но, к сожалению, данная идея не нашла свое воплощение на систематическом уровне при подготовке будущих специалистов-инженеров. По мнению авторов работы, изучение биомеханики, устройства живых организмов и взаимодействие между отдельными «участками» организма живых существ является не только полезным, но и обязательным для подготовки специалистов-техников, будущих инноваторов и производителей, позволит в перспективе совершить качественный скачок в научно-техническом развитии. Следует отметить сильную научную базу в области биомеханики на постсоветском пространстве, которую можно рассматривать в качестве одного из конкурентных преимуществ в осуществлении поставленной задачи.

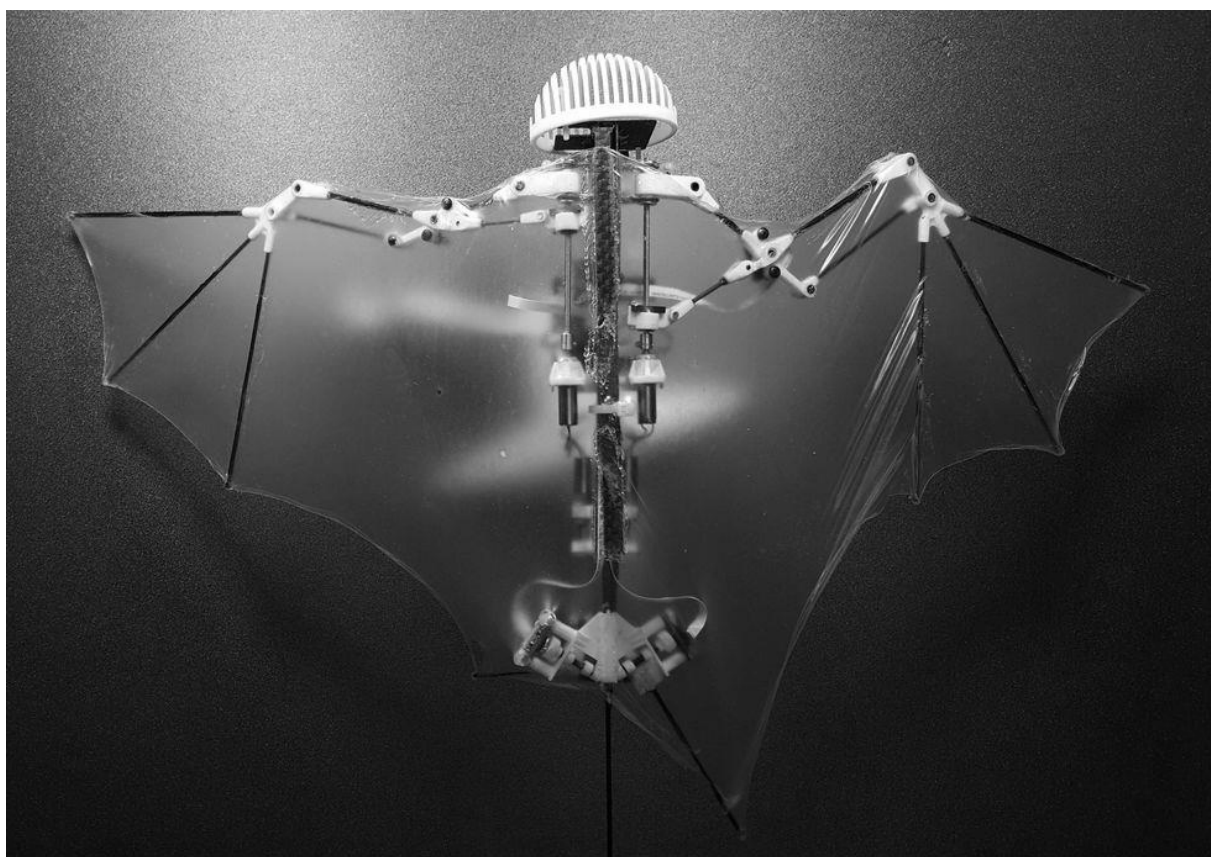


Рис. 1 – Робот в виде летучей мыши

Многие устройства, разрабатываемые в настоящее время, заимствуют идеи природы. Показательным примером может выступать робот в виде летучей мыши (рис. 1), который представляет собой летающий дрон, воспроизводящий механизм полета летучей мыши [4].

Исторически биомеханика развивалась в тесном союзе с математикой и механикой, - профильными дисциплинами студентов-инженеров. Достижения в области математики, численных методов, математического моделирования при «наложении» на знания биомеханики позволят обогатить не только знания студентов технических направлений, но и могут служить в перспективе катализатором развития как инженерии в целом, так и биомеханики, будут способствовать развитию междисциплинарных связей и формированию более гармоничной личности студента-инженера [3-6].

Компьютерное моделирование, наличие программного обеспечения (CAD-системы, программы для моделирования и т.д.), изучение которых входит в обязательный компонент подготовки специалистов в области инженерии, позволят проводить лабораторные работы по биомеханике с использованием компьютерной техники, что является важным преимуществом студентов-инженеров по сравнению со студентами-медиками.

Сложностью изучения биомеханики является слабое знание студентов-инженеров в области анатомии, физиологии, преимущественно «левополушарное мышление», что накладывает дополнительную нагрузку на преподавателя.

Таким образом, можем сделать следующие выводы:

- Изучение биомеханики в процессе подготовки инженера является важным компонентом в процессе формирования будущего инженера, важность которого не до конца понимается академическим сообществом.

- Сложность в преподавании биомеханики студентам инженерных специальностей – слабое знание в области анатомии и физиологии у студентов технического направления (в отличие от студентов медицинского направления и будущих специалистов в области физического воспитания), что накладывает на преподавателя дисциплины дополнительную нагрузку.

- Преимуществом студентов-инженеров в изучении биомеханики по отношению к студентам медикам является готовность к математическому моделированию в ходе изучения дисциплины, возможность проведения компьютерного эксперимента, разработка оригинальных компьютерных приложения для решения прикладных задачи биомеханики.

Список цитируемой литературы

1. Адашевский В.М., Морчковский О.К. Опыт преподавания курса «биомеханика» для студентов технических университетов // VI Всероссийская конференция по биомеханике «Биомеханика 20002». Тезисы докладов. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2002, – С. 239.
2. Кизилова Н.Н. Преподавание биомеханики на механико-математическом факультете // VI Всероссийская конференция по биомеханике «Биомеханика 20002». Тезисы докладов. Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2002, – С. 247.
3. Екимов В.И., Крисевич Т.О. Состояние и перспективы развития преподавания биомеханики в БГПУ им. М. Танка // <http://elib.bspu.by/handle/doc/2715>
4. Herkewitz W. Behold Bat Bot, the First Flying Robot Bat // <https://www.popularmechanics.com/technology/robots/a25002/behold-bat-bot/>
5. Логинов А. В., Ермаков Д.Г. Построение модели распределения нагрузки на головку бедренной кости // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. : Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка. - 2011. - Вип. 14. - С. 297-300.
6. Бегун П.И., Рубашова Д.А., Щепилина О.В. Биомеханические методы построения информационного обеспечения биотехнических систем // Труды кафедры биомеханики университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2013. – № 7. – С. 24-32.
7. Александер Р. Биомеханика. М.: Мир, 1970. — 341 с.

© Д.В. Яскевич, А.В. Логинов, Д.Г. Ермаков, 2018

УДК 615.478; 616-7

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ.

**Ланкина Ю.К., Щербаков И.Д., Павличенко С.С., Жжонов В.А. e-mail:
julialankina@yandex.ru**

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В настоящем докладе описывается процесс создания и преобразования трехмерных моделей органов грудной полости человека с использованием компьютерного моделирования для задач трехмерной электроимпедансной томографии. В результате проведенного моделирования подготовлен ряд компьютерных моделей в виде трехмерных объектов с учетом их анатомических особенностей, структуры и патологий. Проанализирована возможность использования ряда программных средств для достижения заявленных целей исследования. Описано использование программного обеспечения Blender, SolidWorks и Comsol.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, трехмерная графика, трехмерная ЭИТ, трехмерная электроимпедансная томография.

Электроимпедансная томография (ЭИТ) представляет собой метод медицинской визуализации распределения удельного сопротивления тела человека и его внутренних органов [1]. Одним из направлений исследований в области ЭИТ является разработка и создание компьютерных моделей для проведения исследований.

Трехмерные модели внутренних органов грудной полости человека были спроектированы в пакете для создания трехмерной компьютерной графики Blender [2]. Один из первых объектов был создан на основе двухмерной модели грудной клетки, рассчитанной на систему из 16 электродов (рис. 1 (а)). Процесс моделирования заключался в создании первичной точки, которая была трансформирована в соответствии с исходным растровым изображением сечения по осям X и Y (рис. 1 (б)).

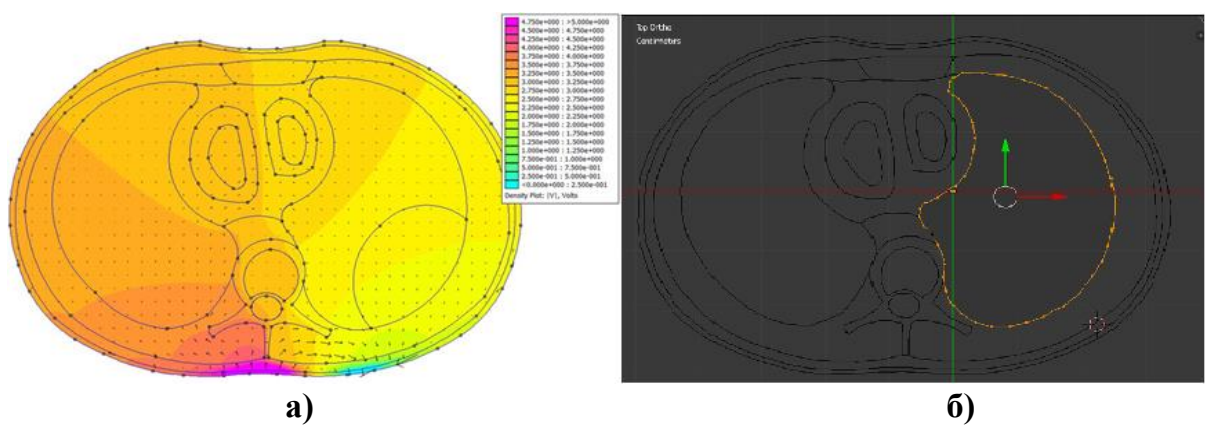


Рис. 1 (а) – двухмерная модель грудной клетки, (б) – трансформация в соответствии с растровым изображением

Из данного контура, вытянутого по оси Z, был создан объемный срез грудной клетки, для компьютерного моделирования исследования на биологическом объекте. Этот срез включал в себя отдельные модели всех органов грудной полости (рис. 2).

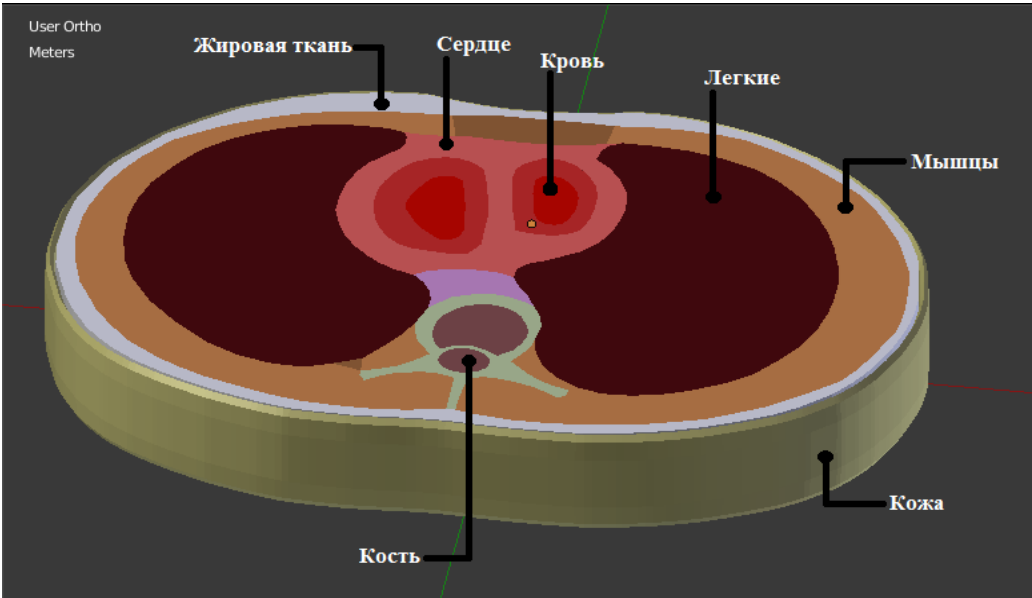


Рис. 2 - Объемный срез грудной клетки

Далее было произведено создание трехмерной модели туловища человека, которая включала модель кожи, мышц, сердца и легких. Моделирование производилось с использованием встроенных модификаторов [3]. Первоначально была спроектирована модель самого туловища (рис. 3 (а)), из которого, в последствии, были выведены кожа (рис. 3 (б)) и мышцы. После этого были созданы модели правого и левого легкого. Основная конструкция данного объекта создана с помощью модификатора Skin [3] путем экструдирования [4] линии из точки в трех проекциях по исходному растровому изображению модели легких переднего вида (рис. 3 (в)).

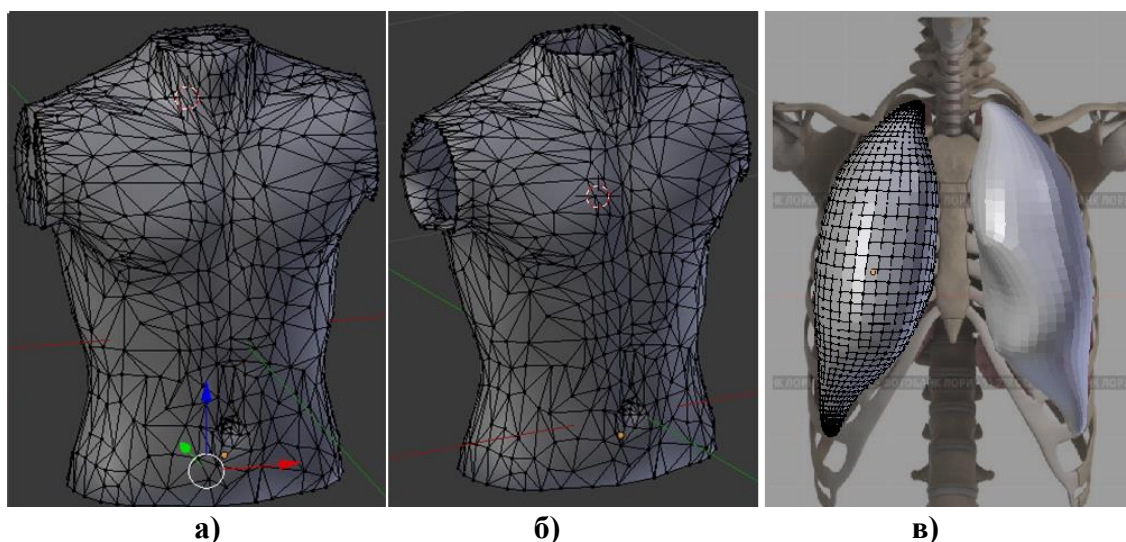


Рис. 3 (а) – модель туловища, (б) – модель кожи, (в) – модель легких.

После окончания процесса моделирования все трехмерные объекты были импортированы в среду программы для обработки трехмерной графики SolidWorks [5]. На этом этапе производилась проверка моделей на манифолдность (неразвертываемость) [6], а именно на наличие нестыковок между соседними гранями, плоскостями или точками. Также объекты были переведены в метрическую систему измерения для наиболее точного расчета при проведении исследований. Далее был произведен экспорт подготовленных моделей в формате Parasolid (“.x_t”), который является наиболее подходящим для работы в среде для моделирования мультифизических процессов Comsol Multiphysics [7].

Список цитируемой литературы

1. Алексанян Г.К. Электроимпедансная томография - перспективный и развивающийся метод медицинской визуализации. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: естественные и технические науки. – Москва. 2016. – № 11. – С. 60-64.
2. Blender. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.blender.org> (дата обращения 31.01.18).
3. Blender. Modifiers. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.blender.org/manual/ru/dev/modeling/modifiers/introduction.html> (дата обращения 31.01.18).
4. Blender. Extrude. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.blender.org/manual/ru/dev/modeling/meshes/editing/duplicating/extrude.html?highlight=extrude> (дата обращения 31.01.18).
5. SolidWorks. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.solidworks.com/> (дата обращения 31.01.18).
6. Non-manifold (Неразвёртываемое). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.blender.org/manual/ru/dev/glossary/index.html#term-non-manifold> (дата обращения 31.01.18).
7. Comsol Multiphysics. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.comsol.com/comsol-multiphysics> (дата обращения 31.01.18).

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

М.К. Нгуен¹, Г.К. Алексанян², И.Д. Щербаков², e-mail: graer@yandex.ru

¹Государственный технический университет имени Ле Куй Дона

²Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Доклад посвящен исследованию оценки погрешности результатов измерений методом электроимпедансной томографии. Проведен анализ оценки погрешности получаемых массивов измерительных данных методом расчета среднеквадратического отклонения для каждого измеренного значения. На основании проведенного анализа были сформированы критические требования по амплитуде инжестирующего тока к устройствам для реализации двухмерной и трехмерной многочастотной электроимпедансной томографии на основе натурно-модельного подхода.

Ключевые слова: электроимпедансная томография, погрешность измерений.

ESTIMATION OF THE ERROR IN OBTAINING MEASUREMENT INFORMATION IN ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY SYSTEMS.

M.K. Nguyen¹, G.K. Aleksanyan², I.D. Shcherbakov²

¹Le Kui Don State Technical University

²Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

The report is devoted to the study of error estimation of measurement results by the method of electrical impedance tomography. The analysis of the error estimation of the obtained measurement data arrays by the method of calculating the root-mean-square deviation for each measured value is carried out. On the basis of the analysis, critical requirements for the amplitude of the injection current to devices for the realization of two-dimensional and three-dimensional multifrequency electrical impedance tomography on the basis of the natural-model approach were formed.

Key words: electrical impedance tomography, measurement error.

При проведении исследований методом электроимпедансной томографии важную роль играет погрешность измерения. В силу того, что значения потенциалов, измеряемые на поверхности объекта исследования, являются первичной измерительной информацией, данными для последующей обработки и реконструкции изображения, качество конечного результата исследования методом электроимпедансной томографии – реконструированного изображения, зависит от погрешности измерения потенциалов.[1]

Для проведения измерения использован макет аппаратно-программного комплекса электроимпедансной томографии [2]. Макет позволяет подключать источник тока к любому из 16 электродов и измерять потенциал относительно общей точки на любом из 16 электродов. В качестве результата измерения принято среднее значение повторных опытов. Измерения проведены с органической средой. Проведено 11 повторных опытов для некоторых значений f_1 (см. таблицу 1.). В качестве результата измерения принято среднее значение повторных опытов.

Для оценки повторяемости результатов эксперимента, применено среднеквадратическое отклонение, вычисляемое по формуле[3]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \quad (1)$$

где n – количество измерений, x_i – измеренное значение, $\bar{x}$ – средняя арифметическая, вычисляемая по формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (2).$$

В таблице 1 представлены результаты изменения среднеквадратического отклонения σ измеренных потенциалов от частоты f_i инжестируемого тока.

Таблица 1.

Зависимость σ измеренных потенциалов от f_i .

f_i , кГц	50	100	150	200	250
σ , В	8,2378E-08	6,1122E-09	5,2588E-09	3,1808E-09	1,7026E-09

Анализ полученных в результате измерения данных о среднеквадратическом отклонении σ измеряемых потенциалов, представленных в таблице 1, свидетельствует о падении отклонения с увеличением частоты, что свидетельствует о падении разброса измеряемых параметров.

Полученные зависимости показывают, что погрешность повторяемости результатов измерения падает с ростом частоты, таким образом, эффективность применения электроимпедансной томографии в качестве инструмента визуализации для задач неинвазивного исследования внутренних структур биологического объекта может быть повышена благодаря варьированию частот инжестируемого тока.

Список цитируемой литературы

1. G.K. Aleksanyan, I.D. Shcherbakov, A.I. Kucher and V.V. Demyanov, "Experimental research the human body impedance in the chest area depending the frequency of the injected current". Journal of Engineering and Applied Sciences. vol. 12 (8), pp. 2129-2137, 2017.
2. G.K. Aleksanyan, A.I. Kucher, A.D. Tarasov, N.M. Cuong and C.N. Phong, "Design of software and experimental setup for reconstruction and visualization of internal structures of conductive bodies". International Journal of Soft Computing. vol. 10 (6), pp. 462-467, 2015.
3. Ивченко Г. И., Медведев Ю. И. Введение в математическую статистику. — М.: Издательство ЛКИ, 2010.

© М.К. Нгуен, 2018

УДК 615.478; 616-7

ПРИМЕНЕНИЕ ФОРМАТОВ ОБМЕНА ДАННЫХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЗАДАЧАХ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

А.В. Сулыз, А.И. Кучер, А.В. Поликарпов, В.В. Бадашев

e-mail: sulyz2012@mail.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В работе рассмотрены вопросы выбора формата хранения измерительной информации в задачах электроимпедансной томографии. Рассмотрены основные критерии выбора: простота обработки, удобочитаемость кода, простота создания объекта данных, возможность масштабирования и безопасность. Исследованы распространенные форматы JSON, XML, YAML и HDF, достижимая с их помощью скорость записи и чтения данных, рассмотрены популярные API работы с данными форматами для языков программирования Java и Python. Проведен анализ возможности хранения математических моделей биологических объектов и их наглядное представление в различных форматах.

Ключевые слова: форматы хранения данных, математические модели, трехмерная ЭИТ, трехмерная электроимпедансная томография.

APPLICATION DATA EXCHANGE FORMATS FOR STORAGE OF RESEARCH OBJECTS MATHEMATICAL MODELS IN TASKS OF ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY

A.V. Sulyz, A.I. Kucher, A.V. Polikarpov, V.V. Badashev

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

The paper discusses the choice of the storage format for measuring information in the problems of electrical impedance tomography. The main selection criteria are considered: ease of processing, code readability, ease of data object creation, scalability and security. The popular formats JSON, XML, YAML and HDF, achievable with their help the speed of writing and reading data, the popular API working with these formats for programming languages Java and Python are considered. The analysis of the possibility of storing mathematical models of biological objects and their visual representation in various formats is carried out.

Keywords: electrical impedance tomography, data exchange formats.

При разработке программного обеспечения (ПО) программно-аппаратного комплекса электроимпедансной томографии стоит задача хранения различного рода математических моделей биологических объектов, входящих в состав конфигурационных данных. Для хранения данной информации принято решение использовать следующие специализированные форматы хранения данных: JSON, XML, YAML, а так же HDF5.

JSON (*JavaScript Object Notation*) - это простой, основанный на тексте, способ сохранять и передавать структурированные данные. С помощью простого синтаксиса можно легко сохранять как простые цифры и строки, так и массивы или объекты [1]. Так же можно связывать объекты и массивы, что позволяет создавать сложные структуры данных.

XML - это простой, очень гибкий текстовый формат являющийся подмножеством SGML (ISO 8879). Первоначально разработанный для решения задач крупномасштабной электронной публикации, XML также играет все более важную роль в обмене широким спектром данных в Интернете и в других местах [2].

YAML — человекочитаемый формат сериализации данных, концептуально близкий к языкам разметки, но ориентированный на удобство ввода-вывода типичных структур данных многих языков программирования. Название YAML представляет собой рекурсивный акроним *YAML Ain't Markup Language* («YAML — не язык разметки»). В названии отражена история развития: на ранних этапах язык назывался *Yet Another Markup Language* («Ещё один язык разметки») и даже рассматривался как конкурент XML, но позже переименован с целью акцентировать внимание на данных, а не на разметке документов [3].

Hierarchical Data Format, HDF (Иерархический формат данных) — название формата файлов, разработанного для хранения большого объема цифровой информации. Первоначально был разработан национальным центром суперкомпьютерных приложений, сейчас поддерживается некоммерческой организацией HDF Group [4].

В проведенных исследованиях использованы следующие основные критерии оценки форматов:

- Человекочитаемость – предполагает простую и удобную разметку хранимых данных.
- Эффективность сжатия данных – включает скорость алгоритма компрессии и коэффициент сжатия [5]

- Скорость работы – определяется скоростью чтения данных из файла.

При выборе форматов основное внимание уделено эффективности сжатия и скорости работы. Для проведения анализа использованы стандартные API работы с форматами на языке Python. Для работы с математическими моделями биологических объектов в виде матриц разработан скрипт, который генерирует большое число случайных элементов и записывает их в двумерный массив. Результаты исследования приведены в таблице 1.

Таблице 1

Название формата	Скорость записи, с	Размер выходного файла, КБ
JSON	0.0127	40
XML	0.0205	104
YAML	0.1258	52
HDF5	0.0032	10

Как показали результаты, самым оптимальным форматом хранения данных является HDF5, однако, сложность его структуры и возможность редактировать данные только с помощью специальных приложений привело к решению использования формата JSON.

Опыт использования API для работы со всеми вышеперечисленными форматами позволяет сделать вывод, что самими удобными форматами для работы с измерительной информацией в задачах электроимпедансной томографии являются JSON и YAML.

Список литературы

1. Ben Smith. Beginning JSON. – Apress, 2015. – 295 p
2. Вугт В.В. OpenXML Кратко и доступно. – Изв-во: Microsoft Press, 2007. – 109с.
3. YAML Ain’t Markup Language (YAML™) Version 1.2 - URL: <https://web.archive.org/web/20080516232502/http://yaml.org/spec/1.2/#id2560236>
4. The HDF Group – URL: <https://support.hdfgroup.org/HDF5/>
5. Канаев К.А., Фалеева Е.В., Пономарчук Ю.В. Сравнительный анализ форматов обмена данными, используемых в приложениях с клиент-серверной архитектурой / Издательство: Издательский Дом «Академия Естествознания». – Пенза – 2015 г.

УДК 615.478; 616-7

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ДЛЯ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

М.В. Тетелев, И.Д. Щербаков, А.И. Моталов, И.О. Токин
e-mail: tetelevm@mail.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В работе описывается процесс преобразования трехмерных моделей в физическую трехмерную компьютерную модель органов верхней части туловища биообъекта, разбиения готовой компьютерной модели на конечные элементы, проведения компьютерных экспериментов с учетом анатомических особенностей биообъекта и измерение значений потенциалов на поверхности модели. В результате проведенного исследования получены результаты в виде значений потенциалов на поверхности модели в местах наложения электродов и раскрашенную по интенсивности распределения потенциалов по модели. Для достижения этих целей использовалось программное обеспечение COMSOL MULTIPHYSICS® 5.3.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, биообъект, метод конечных элементов, трехмерная электроимпедансная томография.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE BIOLOGICAL OBJECT COMPUTER MODEL FOR THE TASKS OF ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY.

M.V. Tetelev, I.D. Shcherbakov, A.I. Motalov, I.O. Tokin

¹Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

The paper describes the process of transformation of three-dimensional computer models into a finite-element model of the thoracic cavity organs of a biological object, stages of the decomposition of the finished computer model into finite elements and measurement of the potentials values on the surface of the modeled object are considered. The results of the study are analyzed in the form of measured values of electrical potentials on the surface of the model in the places where the electrodes are applied. The visualization of the distribution of the field of conductivity of a biological object is carried out. COMSOL MULTIPHYSICS software was used during the research.

Электроимпедансная томография (ЭИТ) представляет собой метод медицинской визуализации распределения удельного сопротивления тела человека [1]. Для решения проблем в области ЭИТ необходимы дополнительные исследования, направленные на повышение разрешающей способности и чувствительности метода ЭИТ[2]. Одним из направлений работ в данной области является разработка и исследование различных цифровых физических моделей человека для упрощения проведения исследований по электроимпедансной томографии и получения результатов с различных биообъектов.

В среде моделирования физических процессов COMSOL MULTIPHYSICS® 5.3 была построена физическая модель грудной клетки на основе смоделированной в среде Blender трехмерной модели человеческого торса. Процесс моделирования заключается в расстановке электродов, задании органам туловища физических параметров и описания физических условий (рисунок 1). Затем полученная физическая модель разбивается на конечные элементы для возможности проведения эксперимента. Все объекты моделируются в соответствии с реальными физическими параметрами.

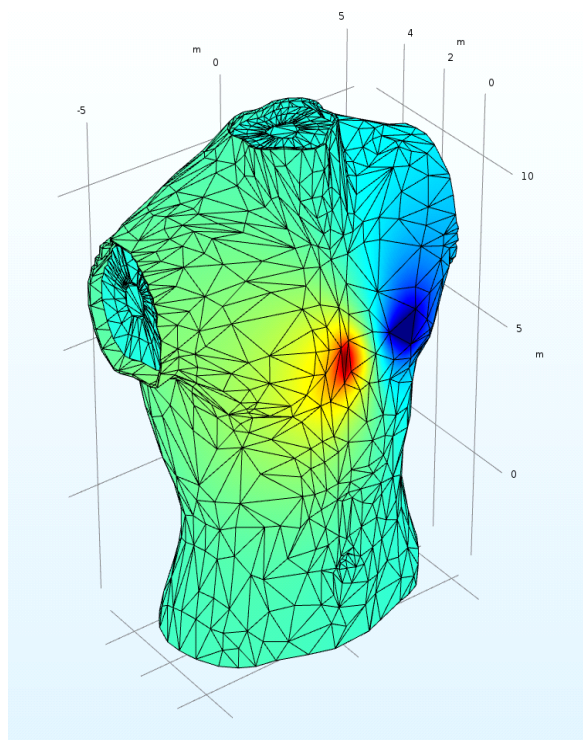


Рис. 1. Модель человеческого торса

Эксперимент производится в заданных условиях путем расчета метода конечных элементов и позволяет узнать распределение потенциалов на физической модели биообъекта при подаче на него электрического тока. Результаты эксперимента можно отобразить графически на поверхности модели, в виде среза или экспортировать из программного обеспечения в отдельный файл в виде таблицы.

Для автоматического проведения экспериментов было создано приложение посредством встроенного конструктора приложений. Приложение позволяет проводить испытания, автоматизированно получать данные о распределении потенциалов на биообъекте, изменять параметры заданных условий, изучать геометрию объекта, разбивать объект на конечные элементы (рисунок 2).

В результате проведенного моделирования была получена таблица распределения, затем в Microsoft Exel был построен график (рисунок 3).

Полученный график распределения потенциалов (рисунок 3) совпадает с графиком, полученным на реальном биообъекте. В результате выполненных работ получены модель человеческого торса, соответствующая физическим параметрам человека и приложение, которое автоматизировано проводит эксперименты по электроимпедансной томографии и заносит результаты экспериментов в таблицу.

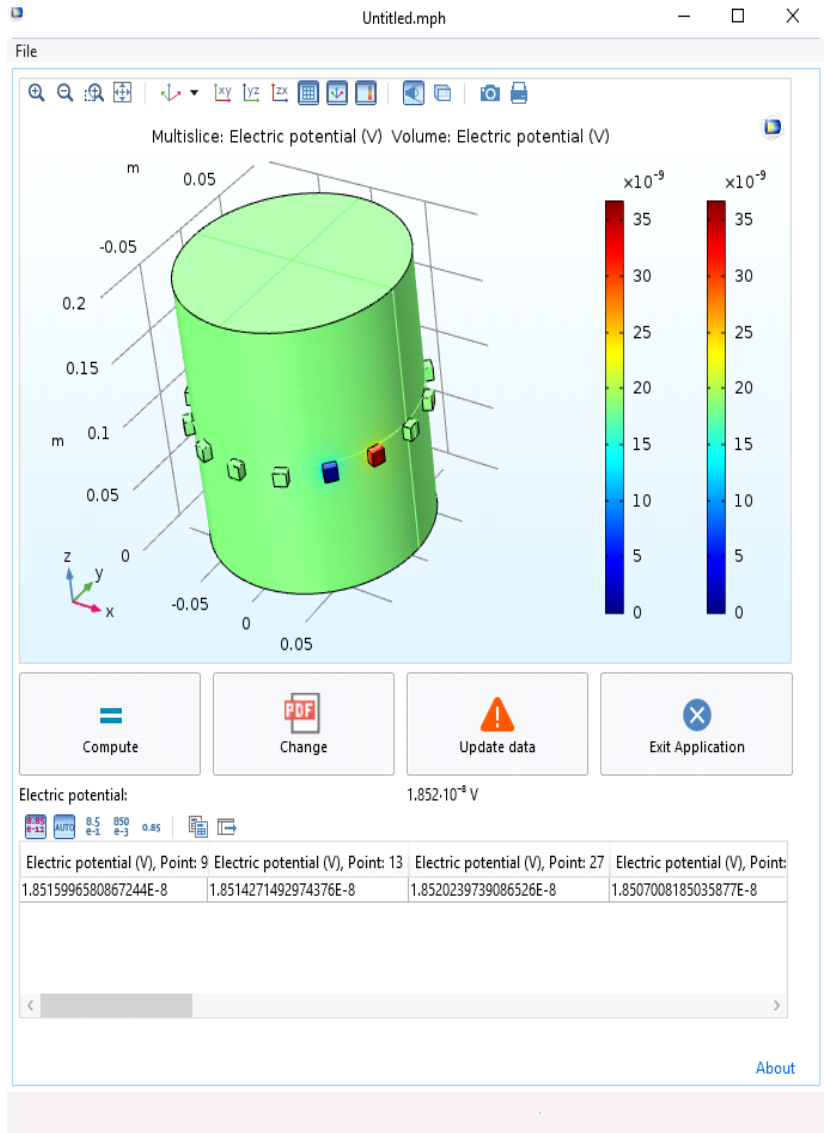


Рис. 2. Приложение в среде COMSOL MULTIPHYSICS® 5.3



Рис. 3. График распределения потенциалов на модели торса

Работы выполняются в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-196.2017.8 "Разработка теоретических основ и алгоритмов многоракурсной электроимпедансной томографии для систем неинвазивной трехмерной медицинской визуализации".

Список литературы

1. Алексанян Г.К. Электроимпедансная томография - перспективный и развивающийся метод медицинской визуализации. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: естественные и технические науки. – Москва. 2016. – № 11. –С. 60-64.
2. Алексанян Г.К., Кучер А.И., Нескребин Д.Г. Разработка 16-электродной системы для электроимпедансной томографии. Новая наука: от идеи к результату. Уфа. 2015. № 7-2 С.103-105.

© М. В. Тетелев, 2018

УДК 615.478; 616-7

ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ОБЪЕКТОВ НА ТОМОГРАФИЧЕСКОМ ИЗОБРАЖЕНИИ

Н.Ф. Чан¹, Г. К. Алексанян², И.Д. Щербаков², e-mail: graer@yandex.ru

¹Государственный технический университет имени Ле Куи Дона

²Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В настоящей работе описываются принципы создания методов автоматического определения геометрических размеров объектов в задачах электроимпедансной томографии. Описаны основные этапы разработки и программных средств, даны рекомендации по оценке эффективности их работы путем верификации полученных результатов.

Ключевые слова: анализ изображений, электроимпедансная томография.

PRINCIPLES OF DETERMINING THE GEOMETRIC DIMENSIONS OF OBJECTS ON A TOMOGRAPHIC IMAGE

N. P. Chang¹, G.K. Aleksanyan², I.D. Shcherbakov²

¹Le Kui Don State Technical University

²Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

In present paper, the principles of creating methods for automatically determining the geometric dimensions of objects in electrical impedance tomography problems are described. The main stages of development and software tools are given, recommendations are given on the evaluation of their performance by verifying the results obtained.

Keywords: image analysis, electrical impedance tomography.

Работа с изображениями является одним из важнейших направлений в медицине, и входит в раздел медицинской визуализации. При этом работа с изображениями сводится не только к обработке их с целью повышения качества изображения для улучшения визуального восприятия и облегчения интерпретации, но и к анализу медицинских изображений с целью получения клинически важных количественных параметров[1]. В задачах электроимпедансной томографии автоматический (машинный) анализ медицинских изображений позволит осуществлять автоматическую компьютерную интерпретацию полученной графической информации об исследуемых внутренних структурах с целью применения полученных данных для автоматической диагностики, в автоматизированных системах поддержки принятия решений, для обеспечения обратной связи с медицинскими аппаратами, осуществляющими воздействие на исследуемый биологический объект [2].

Одним из перспективных методов анализа изображений в задачах электроимпедансной томографии является автоматическое определение геометрических размеров неоднородностей во внутренних структурах исследуемых биологических объектов. Анализ реконструированных изображений сводится к анализу числовых значений в каждом пикселе, являющемся элементом матрицы дискретных значений электрических потенциалов, при постоянном значении амплитуды инжектирующего тока несущих информацию о проводимости каждого участка внутренних структур исследуемого объекта.

Для разработки эффективного метода оценки геометрических размеров объектов необходимо проведение исследований с помощью макета аппаратно-программного комплекса электроимпедансной томографии [3], используемого в качестве источника реконструированных изображений исследуемого объекта. При выборе числа повторяемых опытов следует руководствоваться актуальными на момент проведения исследования нормативными документами, регламентирующими проведение многократных прямых измерений и методы обработки их результатов [4].

Анализ реконструированных изображений внутренних структур исследуемого объекта в виде сканирования матричных изображений должен сопровождаться автоматической фильтрацией артефактов, шумов реконструкции с настраиваемыми пороговыми значениями как линейных размеров неоднородности, так и параметров ее проводимости.

Для оценки эффективности разработанного метода оценки геометрических размеров неоднородностей в задачах электроимпедансной томографии также необходима верификация результатов работы программного обеспечения, реализующего метод, путем сравнения полученных результатов с результатами ручного визуального анализа реконструированных медицинских изображений, а также путем сравнения полученных значений с реальными размерами исследуемого объекта, если такая информация доступна.

Таким образом, разработка метода определения геометрических размеров объектов на томографическом изображении сопровождается проведением исследо-

ваний на макетах биологического объекта с целью получения матричных реконструированных изображений, анализом полученных данных, разработкой алгоритма определения размеров неоднородности, и верификацией полученных результатов.

Список цитируемой литературы

1. Дюк В.А., Эммануэль В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. - СПб.: Питер, 2003. - 528 с.
2. Алексанян Г.К. Разработка устройства для электроимпедансной томографии. Актуальные вопросы образования и науки: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., 30 дек. 2013 г. Тамбов, 2014. Ч. 8. С. 15-16.
3. Алексанян Г.К., Кучер А.И., Горбатенко Н.И., Нгуен Мань, Кыонг Чан Нам Фонг. Разработка информационно-измерительной системы электроимпедансной томографии биологических объектов. Вьетнамо-российская Междунар. науч. конф., ГТУ им. Ле Куи Дона, 02-03 апр. 2015 г.: тез. докл./ГТУ им. Ле Куи Дона. -Ханой: ЛКД изд-во, 2015. - С. 52-53
4. ГОСТ Р 8.736-2011 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.

© Н.Ф. Чан, 2018

УДК 615.478; 616-7

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ НЕОДНОРОДНОСТИ В ЗАДАЧАХ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

И.Д. Щербakov, e-mail: id.shcherbakov@gmail.com

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Анализ реконструированных изображений, в том числе оценка линейных размеров неоднородностей, при проведении исследований внутренних структур биологического объекта методом электроимпедансной томографии позволяет получить количественные характеристики исследуемых объектов, и может использоваться в компьютерных системах диагностики, системах поддержки принятия решений. В настоящем докладе описан метод определения линейных размеров неоднородностей внутренних структур биологического объекта в задачах электроимпедансной томографии. Приведена блок-схема алгоритма, реализующего метод, и результаты экспериментальных исследований разработанного метода на основе математического моделирования. В ходе математического моделирования получена измерительная информация для реконструкции и визуализации внутренних структур биологического объекта.

Ключевые слова: электроимпедансная томография, анализ изображений

INHOMOGENEITY LINEAR DIMENSIONS DETERMINATION METHOD IN ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY TASKS

I.D. Shcherbakov

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

Analysis of the reconstructed images, including the assessment of inhomogeneities linear dimensions, in research of the internal structures of a biological object by electrical impedance tomography allows to obtain quantitative characteristics of the object, and can be used in computer diagnostic systems, decision support systems. This article describes a method for determining the biological object internal structures inhomogeneities linear dimensions in tasks of electrical impedance tomography. The block diagram of the algorithm realizing the method and the results of experimental studies of the developed method on the basis of mathematical modeling are given. In the course of mathematical modeling, measurement information was obtained for the reconstruction and visualization of the internal structures of the biological object.

Keywords: electrical impedance tomography, image analysis.

При проведении электроимпедансной томографии (ЭИТ), как и в любом другом методе медицинской визуализации, важную роль играет анализ получаемых изображений[1]. Автоматический (машинный) анализ изображений, в отличие от интерактивного, позволяет получить количественные характеристики исследуемых объектов, и может использоваться в компьютерных системах диагностики. При реализации метода автоматического анализа получаемых реконструированных изображений внутренних структур биологического объекта центральную роль играет алгоритм определения линейных размеров неоднородности.

Блок-схема разработанного алгоритма определения линейных размеров неоднородности приведена на рисунке 1.

Предложена реализация метода определения линейных размеров неоднородности в виде сканирования реконструированного изображения [2] как матрицы на предмет числовых значений, удовлетворяющих заданному диапазону проводимостей. При обнаружении начального элемента неоднородности, удовлетворяющему заданным условиям, производится проверка значений соседних элементов в матрице на вхождение в заданный диапазон проводимостей.

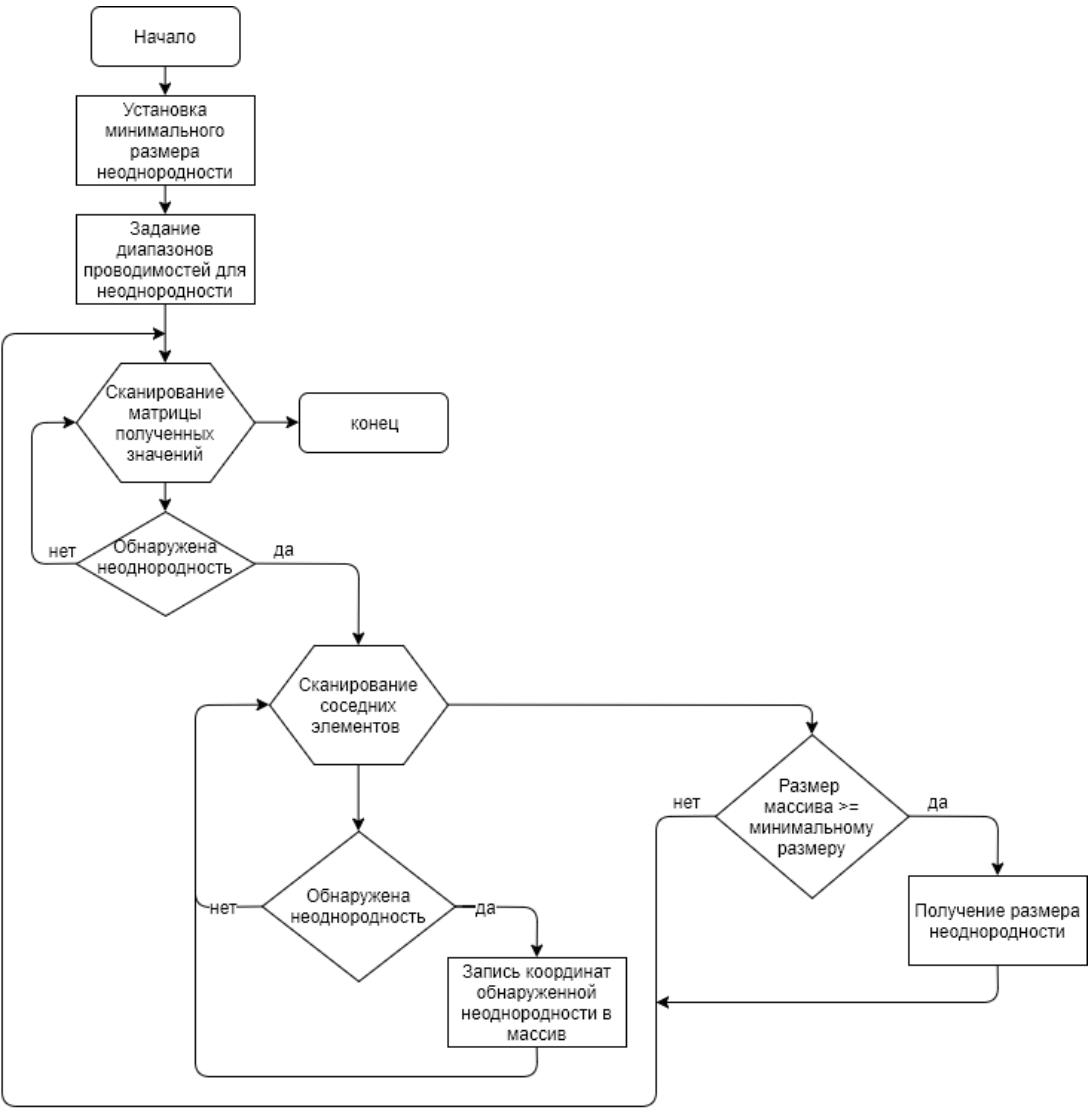


Рис. 1 - Блок-схема алгоритма определения линейных размеров неоднородностей

Если соседние элементы так же являются частью неоднородности, создается массив для хранения координат позиций элементов неоднородности. После

того, как все соседние элементы прошли проверку, определяется размер обнаруженной неоднородности. Если размер обнаруженной неоднородности превышает заданный минимальный размер, то созданный массив хранится в памяти и сканирование матрицы продолжается, пока не будет обнаружена новая неоднородность или достигнут конец файла.

Для проверки эффективности предложенного метода необходимо проведение аппаратно-программного моделирования неоднородностей внутренних структур объектов с целью сравнения результатов измерения параметров неоднородности, полученных в результате проведения физических измерений реальных объектов, в результате интерактивного (визуального) анализа реконструированного изображения и в результате работы алгоритма анализа неоднородностей внутренних структур исследуемого объекта[3].

Проведение такого моделирования позволит выявить точность измерения параметров неоднородности с помощью разработанного метода по сравнению с результатами интерактивного анализа изображения, и эффективность его применения в задачах электроимпедансной томографии в качестве инструмента автоматического анализа внутренних структур.

Список цитируемой литературы

1. G.K. Aleksanyan, I.D. Shcherbakov, A.I. Kucher and V.V. Demyanov, "Experimental research the human body impedance in the chest area depending the frequency of the injected current". Journal of Engineering and Applied Sciences. vol. 12 (8), pp. 2129-2137, 2017.
2. G.K. Aleksanyan, N.I. Gorbatenko and A.I. Kucher, "Development and production of multi-layered electrode system for electrical impedance tomography devices". International Journal of Applied Engineering Research, vol. 10 (19), pp. 40580-40584, 2015
3. G.K. Aleksanyan, A.I. Kucher, A.D. Tarasov, N.M. Cuong and C.N. Phong, "Design of software and experimental setup for reconstruction and visualization of internal structures of conductive bodies". International Journal of Soft Computing. vol. 10 (6), pp. 462-467, 2015.

И. Д.Щербаков, 2018

Секция 4

Фундаментальные и прикладные исследования в области метрологического обеспечения измерений, контроля и диагностики

УДК 621.318.122.001.41

ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Е.В. Кириевский e-mail: ekir99@mail.ru, Д.В. Семенов, И.И. Борисов

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Предложен алгоритм обработки скоростных характеристик высоковольтных выключателей, в отличие от известных, основанный на комплексном применении непрерывного вейвлет-преобразования и высокочастотной фильтрации, обеспечивающий выделение четких признаков, отличающих исправные и неисправные аппараты. Разработан алгоритм диагностики высоковольтных выключателей по скоростным характеристикам, в отличие от известных, основанный на применении вейвлет анализа и нейронных сетей (НС), обеспечивающий автоматическое определение состояния и выявление причин неисправности ВВ с уровнем достоверности 90 %.

Предложен алгоритм выбора информативного диапазона из вейвлет-спектра скоростных характеристик высоковольтных выключателей, в отличие от известных основанный на обучении для каждого частотного диапазона вейвлет-спектра информационного сигнала нейронной сети и вычислении для каждой нейронной сети ее точности при обучении и при тестировании, обеспечивающий сокращение избыточности данных (до 4 раз) без потери уровня информативности и устранение переобучения НС.

Проведена оптимизация структуры НС, отвечающей за принятие решений о состоянии высоковольтного выключателя, основанная на применении генетических алгоритмов, обеспечивающая увеличение достоверности работы алгоритма диагностики высоковольтных выключателей на базе НС, при которых ошибка НС при диагностировании ВВ уменьшилась с 10 % до 0,4 %. Предложен алгоритм контроля высоковольтных выключателей по временным параметрам, основанный на применении нечетких и статистических моделей, обеспечивающий быстрое определение состояния ВВ до 0,0009 с в среде Matlab 2009.

Разработан двухэтапный метод диагностики высоковольтных выключателей, основанный на использовании на первом этапе статистических или нечетких моделей по временным параметрам высоковольтных выключателей, а на втором – нейронных сетей и вейвлет-анализа скоростных характеристик ВВ, обеспечивающий такие преимущества как быстрое определение состояния высоковольтного выключателя (время выполнения первого этапа с использованием статистической/нечеткой модели на платформе Microchip PIC24F составляет 0,2 секунды, а второго, на базе НС - 22 минуты) и возможность определения причины неисправности.

Разработана система диагностики высоковольтных выключателей, основанная на предложенных алгоритмах по параметрам движения их подвижных контактов и обеспечивающая достоверность диагностики до 99,6 %.

BASIS OF CONSTRUCTING DIAGNOSIS SYSTEMS HIGH-VOLTAGE SWITCHES

E.V. Kirievsky, D.V. Semenov, I.I. Borisov

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

An algorithm for processing high-speed characteristics of high-voltage circuit breakers is proposed, in contrast to known ones, based on the complex application of continuous wavelet transform and high-frequency filtering, which provides for the identification of clear features that distinguish between faulty and faulty devices. An algorithm for diagnosing high-voltage circuit breakers in terms of speed characteristics, unlike known ones, is based on the use of wavelet analysis and neural networks (NC), which provides automatic detection of the condition and identification of the causes of failure of explosives with a confidence level of 90%.

An algorithm is proposed for selecting an informative range from the wavelet spectrum of the high-speed circuit speed characteristics of high-voltage switches, unlike known ones, based on training for each frequency range of the wavelet spectrum of the information signal of a neural network and calculating for each neural network its accuracy in training and testing, (up to 4 times) without loss of informative level and elimination of retraining of the National Assembly.

Optimization of the structure of the National Assembly responsible for making decisions on the state of the high-voltage switch based on the use of genetic algorithms providing an increase in the reliability of the algorithm for diagnosing high-voltage switches based on the NS at which the HC error decreased from 10% to 0, 4 %. An algorithm for controlling high-voltage switches based on time parameters is proposed, based on the use of fuzzy and statistical models, which provides a rapid determination of the state of explosives to 0.0009 s in the Matlab 2009 environment.

A two-stage method for diagnosing high-voltage circuit breakers based on the use of statistical or fuzzy models for time parameters of high-voltage circuit breakers was developed at the first stage, and on the second stage - neural networks and wavelet analysis of high-speed characteristics of explosives, providing such advantages as rapid determination of high- (the execution time of the first stage using the statistical / fuzzy model on the Microchip PIC24F platform is 0.2 seconds, and the second, based on the NS, 22 minutes) and the possibility of determining the cause of the fault.

A system for diagnosing high-voltage circuit breakers based on the proposed algorithms on the motion parameters of their moving contacts and providing reliability of diagnostics up to 99.6% is developed.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ WI-FI

А.Н.Забродин, e-mail:azabrodin1995@mail.ru, В.Н.Войцеховский, e-mail:voitsehovskiy@list.ru, Д.Ю. Черников, e-mail:dchernikov@sfu-kras.ru
Сибирский федеральный университет (СФУ), г. Красноярск

Проведен анализ возможности выполнения измерений базовых параметров сети *Wi-Fi* для случаев предоставления мультисервисных услуги на ограниченной территории с высокой концентрацией абонентов. При проведении измерений интенсивности нагрузки в беспроводной сети, были использованы усредненные сведения о характеристиках абонентских станций. Принято во внимание, какими приложениями будут пользоваться абоненты беспроводной сети. Для каждого типа приложений учтена требуемая скорость передачи данных.

По результатам описанных измерительных экспериментов сделан вывод о невозможности самостоятельного использования технологии *Wi-Fi* для организации о полного радио покрытия на территории превышающей сотни метров. Предложена технология использования *Wi-Fi* в тандеме с мобильной связью стандарта *LTE* или близкой по идеологии профессиональной системой радиодоступа.

Ключевые слова: Сеть *Wi-Fi*, мультисервисные услуги, интенсивность нагрузки, мобильная связь, система широкополосного радиодоступа

FEATURES OF MEASUREMENT OF PARAMETERS OF THE MULTISERVICE COMMUNICATION NETWORK ON THE BASIS OF WI-FI TECHNOLOGY

A.N. of Zabrodin, V.N. of Voytsekhovskiy, D. Yu. Chernikov,
Siberian Federal University (SFU), Krasnoyarsk

The analysis of a possibility of execution of measurements of basic parameters of the *Wi-fi* network for cases of provision multiservice services in the limited territory with high concentration of subscribers is carried out. When carrying out measurements of intensity of loading on the wireless network, average data on characteristics of subscriber stations were used. It is taken into account what applications subscribers of a wireless network will use. For each type of applications the required data transmission rate is considered. By results of the described measuring experiments the conclusion is drawn on impossibility of independent use of *Wi-fi* technology for the organization about complete of a radio covering in the territory of exceeding hundreds of meters. The technology of use *Wi-Fi* in a tandem with mobile communication of the *LTE* standard or the close professional system of a radio access on ideology is offered.

Keywords: *Wi-fi* network, multiservices, intensity of loading, mobile communication, system of a broadband radio access

Как показывает практика работоспособность сетей *Wi-Fi* наиболее полно оценивается по итогам выполнения комплекса натурных измерений ряда основных параметров, к которым в первую очередь относится мониторинг выделенного частотного ресурса, анализ энергетических параметров излучаемого и принимаемого сигналов, а также достижимые в сети скорости передачи данных

В этой связи информация, представленная в докладе, обобщает опыт проведения измерений упомянутых параметров сетей *Wi-Fi*, которые могут быть выполнены с помощью технических средств, имеющихся в распоряжении большинства пользователей данных сетей.

Действительно, каждая точка доступа сети *Wi-Fi* может обслуживать определенное количество абонентов n ($n < 50$) и рост их числа сверх этого количества будет приводить к уменьшению эффективной скорости передачи для каждого

из абонентов. Для сетей *Wi-Fi* на территории РФ определено 2 частотных диапазона: 2.4 ГГц (2.4 - 2.4835 ГГц); 5 ГГц (5.15 - 5.35 и 5.725 - 5.825 ГГц). Сеть *Wi-Fi*, как правило, строится по сотовому принципу рис. 1.

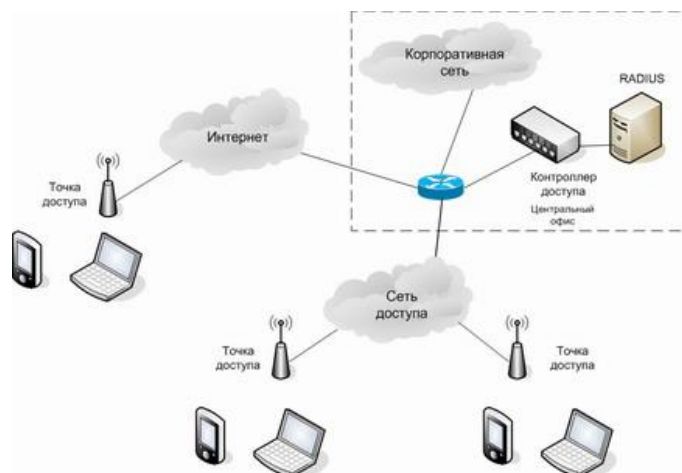


Рис. 1. Топология сети *Wi-Fi*

Первоочередной задачей измерений в этой связи является оценка загруженности каждого частотного канала в точках с наибольшей концентрацией абонентов. Для измерений использовалось абонентское оборудование в виде смартфона *LTE* [1], на котором было установлено специальное инструментальное ПО.

В настоящее время существует значительное количество инструментального программного обеспечения, которое позволяет проводить мониторинг работы радиосетей *Wi-Fi*. Проанализировав перечень возможных вариантов программного обеспечения выбор был остановлен на программном обеспечении *Wi-Fi Monitoring* [2].

К системным требованиям для работы данного ПО можно отнести следующее: размер требуемой памяти 2.2MB; *Update*: 2017-07-03; *Version*: 1.8; *Requires*: *Android*2.3 или более поздняя.

Эта приложение позволяет просмотреть состояние работающих в окрестностях точек доступа *Wi-Fi* сетей, параметры их работы и устройства, подключенные к ним. В частности, данное программное обеспечение показывают уровень сигнала от каждой сети в данной точке, на каком канале работает каждая сеть и какова загруженность каждого канала различными сетями. Если сеть имеет идентификатор, то он выводится над сигналом, который отображается над сигналом в частотном канале, который он занимает. Если сеть *Wi-Fi* построена на нескольких роутерах, то информация о всех её составляющих группируется в один пункт.

Пример вывода на экран данной информации приведен на рисунке 2 [2].

В общем случае интерфейс программы состоит из четырёх вкладок: **Соединение** (информация о текущей сети *Wi-Fi*), **Сети** (список доступных сетей *Wi-Fi*), **Мощность** (график мощности сигнала) и **Скорость** (графики скоростей входящего и исходящего соединения). Смена вкладок осуществляется с помощью свайпинга (перелистывания) или нажатия на заголовки вкладок.

Первая вкладка отображает информацию о сети *Wi-Fi*, к которой в данный момент подключён смартфон, используемый в качестве измерительного инструмента.

Вкладка позволяет осуществлять мониторинг следующих параметров:

- *SSID (Service Set Identification)* – имя сети *Wi-Fi*.

• **BSSID** (*Basic Service Set Identification*) - MAC-адрес беспроводной точки доступа (6 байт).



Рис. 2 Общий вид интерфейса ПО *Wi-Fi Monitoring*

- Производитель - производитель точки доступа или роутера (определяется на основе первых 3 байтов *BSSID*).
- Скорость соединения - максимально возможная скорость канала.
- Текущая скорость - реальная скорость, измеренная на основе переданных и принятых данных.
- Частота - частота, используемая в текущей сети (не на всех смартфонах).
- Канал - номер канала (не на всех смартфонах).
- *RSSI* (*Received Signal Strength Indication*) - мощность сигнала беспроводной точки доступа. Изменяется от -150 dBm (слабый сигнал) до -30 dBm (мощный сигнал).
- Возможности - поддерживаемые протоколы безопасности (*WEP/WPA/WPA2*).

В докладе для формирования теоретической оценки нагрузки в беспроводной сети, были использованы усредненные сведения о характеристиках абонентских станций, которые уже есть или появятся у потенциальных пользователей [3]. Принято во внимание и то, какими приложениями будут пользоваться абоненты беспроводной сети. Для каждого типа приложений учтена требуемая скорость передачи данных (табл. 1) [3].

Для экспериментальной оценки количества абонентских устройств, которые используют диапазоны 2.4 и 5 ГГц проведены измерения реальной радиообстановки для объектов в составе кампуса Сибирского федерального университета (СФУ), на которых предполагается предоставлять услуги беспроводной сети.

Таблица 1.

Категория приложений	Требуемая пропускная способность
Веб-браузинг/ почта /соц. Сети	500 Кбит/с – 1 Мбит/с
Видеоконференции	384 Кбит/с – 1 Мбит/с
Видео стандартного разрешения	1–1,5 Мбит/с
Видео высокого разрешения	2–5 Мбит/с
Передача файлов	5 Мбит/с
Удалённое обучение	2–4 Мбит/с
Интернет-телефония	27–93 Кбит/с

Результаты измерений приведены на рис 2., причем для территории проведения измерительных экспериментов, излучение в диапазоне 5 ГГц регистрировалось крайне редко (Рис. 3).

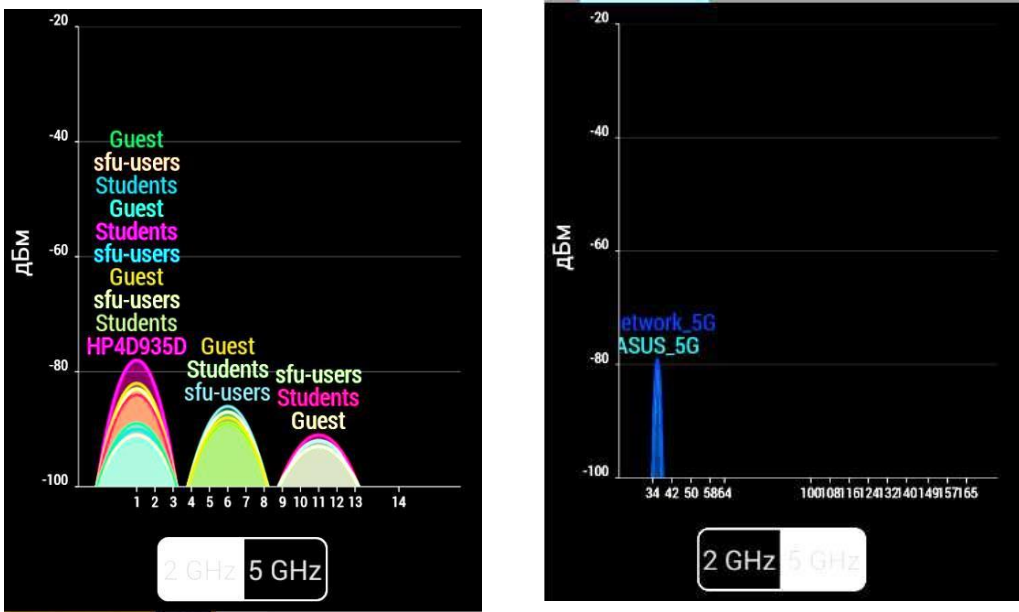


Рис. 3 Спектральные характеристики диапазонов частот Wi-Fi

Полученные результаты измерений однозначно свидетельствуют о полном доминировании диапазона 2.4 ГГц для использования технологий *Wi-Fi*.

Процент использования диапазона 2.4 ГГц для большинства реальных ситуаций в настоящий момент времени составляет порядка 90 %, т.е. только 10 % абонентских устройств используют диапазон 5 ГГц. Есть основания полагать, что в ближайшем будущем это соотношение может поменяться. Диапазон частот 2.4 ГГц, исходя из рис. 3 - перегружен, да и количество устройств, которые способны работать в диапазоне 5 ГГц с каждым днем возрастает. При проведении анализа учитывались как коэффициент, описывающий снижение скорости передачи данных по сравнению с максимально возможной, так и коэффициент использования, характеризующий отношение полезного и служебного трафика в сети.

Первый из этих коэффициентов принят равным 0.5 – компромиссное значение между высоконагруженными и разреженными *Wi-Fi* сетями, а для второго используется величина 0,7.

Проведенные измерительные эксперименты показали, что величина второго коэффициента зависит как от загруженности сети, так и от стабильности мощности принимаемого сигнала.

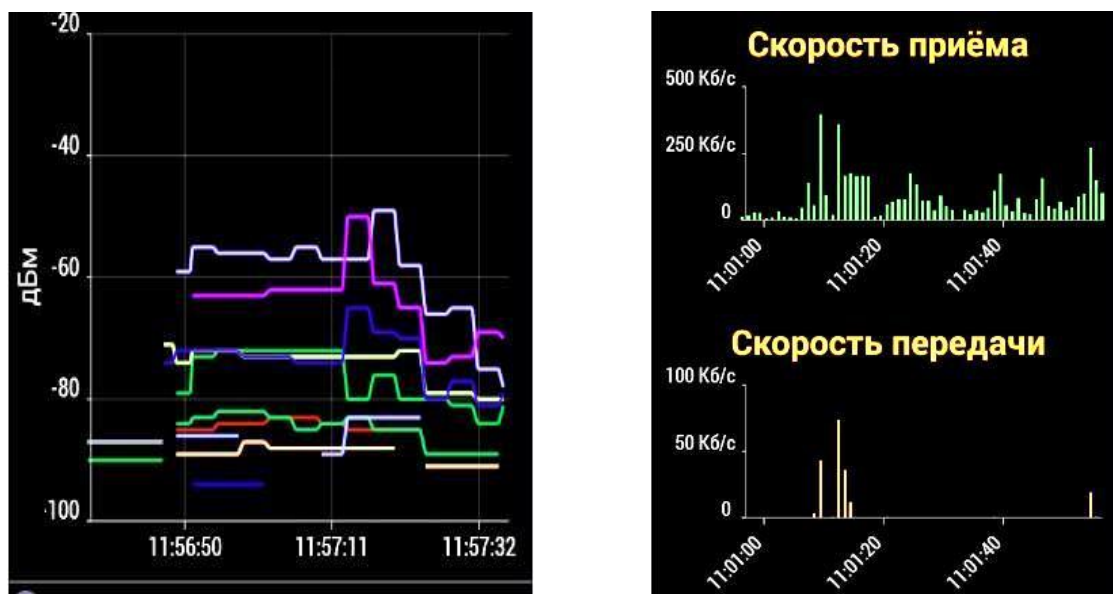


Рис. 4 Характеристики стабильности сигнала Wi-Fi

Сигнал в диапазоне 2,4 ГГц не отличается стабильностью. Оценка колебаний уровня мощности и скорости приема/передачи представлена на рис. 4.

Результатом проведенных измерительных экспериментов может служить вывод о том, что технология *Wi-Fi* самостоятельно не сможет решить вопрос о полного радиопокрытия территории превышающей сотни метров и может быть использована в тандеме с мобильной связью стандарта *LTE* или близкой по идеологии профессиональной системой радиодоступа [4].

Список цитируемой литературы:

1. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура. М.: Эко-Трендз, 2010. 284 с.
2. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.signalmonitoring.wifimonitoring>
3. Альшаев И.А., Лаврухин В.А. Проектировании и оптимизации сетей *Wi-Fi*// Информационные технологии и телекоммуникации, 2016, Том 4, № 1 с.87-95
4. Шорин А.О., Девлишов А.Г., Туров А.В., Черников Д.Ю. Использование технологии космической ретрансляции внутрисистемных каналов связи в задачах организации абонентского радиодоступа. - Научный журнал «Исследования наукограда», №3-4(18), 2016, С. 39-44.

©А.Н.Забродин, В.Н.Войцеховский, Д.Ю.Черников 2018

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ

М.Ю.Ланкина, В.В.Гречихин, О.С.Волкова, М.В.Ланкин

Южно-Российский государственный технический университет (НПИ),
г. Новочеркасск

При производстве деталей и изделий из листовой электротехнической стали необходимо уделять особое внимание контролю магнитных характеристик материала, так как эти характеристики зависят от способа обработки. Помимо этого, необходимость такого контроля обусловлена получением готовой продукции (например электродвигателей) с заданными эксплуатационными параметрами. Промежуточный контроль магнитных характеристик (в частности $B(H)$ -характеристики) стали и изделий на ее основе делает технологический процесс гибким и минимизирует процент брака готовых электротехнических изделий.

На кафедре ИИСТ разработано устройство для экспресс-испытания изделий из листовой электротехнической стали [1]. Данное устройство позволяет получить вебер-амперную и $B(H)$ -характеристику участка детали из листовой электротехнической стали. Напряженность магнитного поля в образце определяется косвенным образом по формуле:

$$H = \frac{I \cdot W}{\Lambda},$$

где I – ток, протекающей в намагничивающей обмотке; W – число витков намагничивающей катушки; Δ – величина воздушного зазора, в который помещен образец.

Величина Δ не постоянна, так как после входа в насыщение образца фактическое значение зазора возрастает за счет насыщения сердечника намагничивающей системы в районе контакта с образцом. Из-за этого возникает погрешность измерения напряженности магнитного поля на поверхности листа электротехнической стали. Для компенсации данной погрешности предлагается ввести канал измерения напряженности на поверхности испытуемой детали, представляющий собой линейку из n -датчиков Холла, расположенных на некоторых расстояниях $x_1...x_n$ от листа электротехнической стали.

Характер изменения напряженности магнитного поля H от расстояния x до испытуемого образца можно описать выражением вида:

$$H = b_0 + b_1x + b_2x^2 + \dots + b_nx^n,$$

где b_i – коэффициенты связи, $[(A/M) \cdot m^{-n}]$; b_0 – свободный коэффициент, характеризующий значение напряженности H при $x=0$, $[A/M]$; $(n+1)$ – количество точек, в которых проводятся измерения напряженностей H_i на расстояниях x_i от испытуемого образца.

Таким образом, свободный коэффициент b_0 и есть искомое значение напряженности магнитного поля H_0 на поверхности листа электротехнической стали. Нахождение значения этого коэффициента производится путем решения системы уравнений относительно коэффициентов связи b_i :

[illegible]

Для определения необходимого числа преобразователей Холла была построена модель накладного датчика в среде *Femm*. Измерения напряженности происходили в точках находящихся на расстоянии 0, 1, 4 и 7 мм от поверхности листа электротехнической стали соответственно. Поток Φ рассчитывался через поперечное сечение листа стали для определения тока в намагничивающей обмотке, при котором испытуемый образец уходит в насыщение. Результаты моделирования сведены в таблицу 1

Таблица 1

Результаты моделирования					
I, A	$H(I), kA/m$				$\Phi(I), mWb$
0	0	0	0	0	0
0,5	1,82	3,20	6,83	9,00	6,58
1	4,57	7,15	14,00	18,11	1,23
1,5	10,97	14,04	22,47	27,66	1,47
2	18,56	22,10	31,50	37,39	1,58
2,5	26,86	30,50	40,68	47,18	1,65
3	34,95	38,99	50,12	56,96	1,69
3,5	43,39	47,77	59,40	66,80	1,72
4	51,95	56,39	68,70	76,66	1,73
4,5	60,16	64,88	77,91	86,49	1,74
x, mm	0	1	4	7	

На рис. 1 приведена зависимость напряженности магнитного поля. Видно, что эта зависимость носит нелинейный характер во всем диапазоне токов в намагничивающей катушке. Т.о. для экстраполяции значения напряженности магнитного поля на поверхности листовой электротехнической стали необходимо знать значения напряженности в 3х различных точках относительно поверхности.

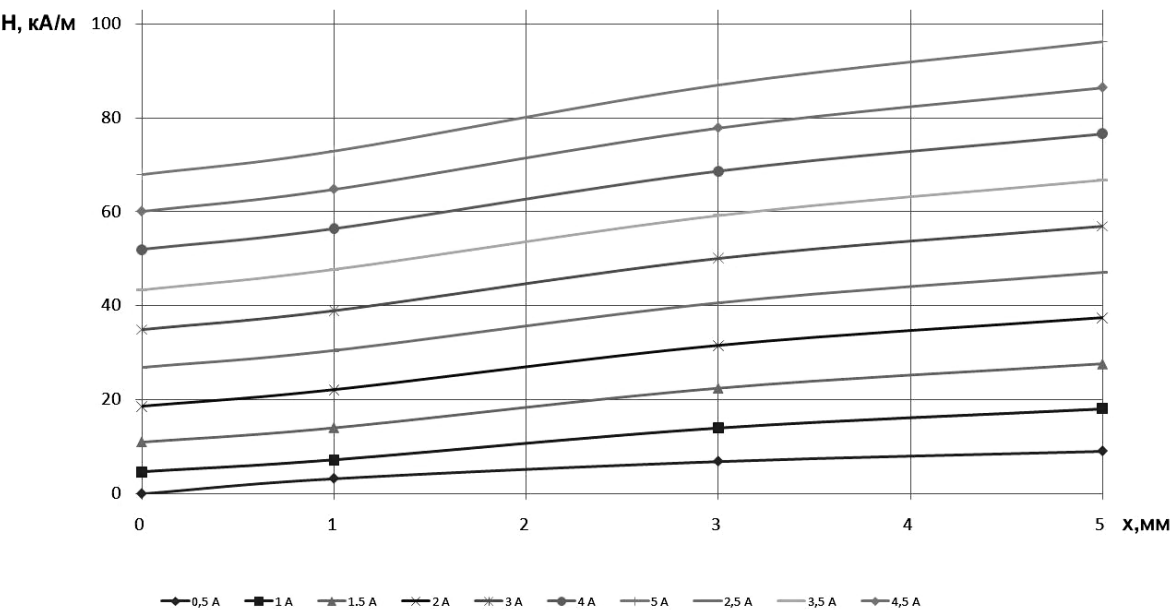


Рис. 1. Зависимость напряженности от расстояния до объекта при различных токах

Для коэффициентов $A_1 \div A_3$ в [2] приведены выражения для их расчета в зависимости от x_1, x_2, x_3 (в случае $x_1=1$ мм, $x_2=4$ мм, $x_3=7$ мм):
 $A_1=0,451; A_2=2,134; A_3=-1,584.$

Таким образом выражение для расчета напряженности магнитного поля на поверхности испытуемого образца будет выглядеть следующим образом:

$$H_0 = 0,451 \cdot H_1 + 2,134 \cdot H_2 - 1,584 \cdot H_3 \tag{2}$$

В таблице 2 приведено сравнение результатов моделирования и полученных (2) значений напряженности магнитного поля.

Таблица 2

Результаты расчетов

$H_{0,mod}(I),$ кА/м	0	1,82	4,57	10,97	18,56	26,86	34,95	43,39	51,95	60,16
$H_{0,расч}(I),$ кА/м	0	1,77	4,42	10,46	17,97	25,83	34,31	45,15	50,62	58,52
I, A	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
$\delta, \%$	0	-3,0	-3,3	-4,6	-3,2	-3,8	-1,8	-2,9	-2,6	-2,7

Список цитируемой литературы

1. Пат. 96260 Российская Федерация, МПК G 01 R 33/12. Устройство для экспресс-испытания изделий из листовой электротехнической стали / Шайхутдинов Д.В., Ланкин М.В., Горбатенко Н.И., Боровой В.В.; заявитель и патентообладатель Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). – № 2010107999/22; заявл. 04.03.10; опубл. 20.07.10, Бюл. № 20. – 3 с.
2. Ланкин М.В. Измерения напряженности магнитного поля на поверхности постоянных магнитов. // Мир измерений. – 2005. – № 12. – С.8-11.

УДК 53.084.2.389

РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АДАПТЕРА ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ СГОРАНИЯ ТОПЛИВА В ДВИГАТЕЛЯХ С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ ЗАЖИГАНИЕМ
А.Ю. Будко, e-mail: aptem_budko@mail.ru, Е.В. Янушко, e-mail: Aaaaa0014@mail.ru, Р.А.Шахбанов¹, e-mail: Rusik161gorod@mail.ru
Южный Федеральный университет, г. Ростов на Дону – г. Таганрог

В статье рассматривается разработка динамической модели адаптера датчика давления, разработанного на основе стандартной свечи зажигания. На основе экспериментальных данных, полученных на переходных режимах работы ДВС, идентифицирована математическая модель на основе выражения для апериодического звена первого порядка. Получены АЧХ и ФЧХ адаптера. На основе дифференциального уравнения предложено решение обратной задачи по восстановлению исходного сигнала. Разработанная математическая модель позволяет восстанавливать значения давления на входе в адаптер на основе значений давления, измеренного на выходе, с учетом вносимых адаптером амплитудных и фазовых возмущений. Это позволяет минимизировать влияние динамических погрешностей на конечный результат измерений. Результаты могут быть использованы при исследовании процессов сгорания в двигателях с принудительным зажиганием.

Ключевые слова: ДВС, датчик давления, калибровка.

DEVELOPMENT OF THE DYNAMIC MODEL OF THE PRESSURE SENSOR ADAPTER FOR MEASURING THE PRESSURE OF COMBUSTION OF FUEL IN ENGINES WITH FORCED IGNITION
A.Yu. Budko, E.V. Yanushko, RA Shahbanov¹
Southern Federal University, Rostov on Don - Taganrog

The article deals with the development of a dynamic model of the pressure sensor adapter developed on the basis of a standard spark plug. Based on the experimental data obtained during the transient modes of operation of the ICE, a mathematical model based on the expression for the first-order aperiodic link was identified. The AFC, PFC, and adapter transient characteristics are obtained, and on the basis of the differential equation the solution of the inverse problem for reconstructing the original signal is proposed. The developed mathematical model allows to restore pressure values at the input to the adapter based on the values of the pressure measured at the output, taking into account the amplitude and phase perturbations introduced by the adapter. This allows to minimize the influence of dynamic errors on the final result of measurements. The results can be used to study combustion processes in engines with forced ignition.

Keywords: ICE, pressure sensor, calibration.

Измерение давления сгорания топлива в ДВС является одним из наиболее высокоэффективных методов оценки качества работы, оптимизации и диагностики ДВС, поэтому исследования в данной области являются актуальными [1]. Жесткие условия в камере сгорания предъявляют высокие требования к надежности чувствительных элементов датчиковой аппаратуры. Основной проблемой является защита чувствительного элемента от воздействия высокой температуры, и для ее решения зачастую используются импульсные трубки, позволяющие вынести чувствительный элемент датчика на приемлемое расстояние от камеры сгорания и обеспечивающие улучшение теплового режима работы датчика [1]. Однако, наличие импульсных трубок в конструкции датчика оказывает влияние на показания датчика, внося существенные динамические погрешности измерения.

Задача восстановления исходного сигнала датчика давления сгорания осложняется быстротечностью процессов в камере сгорания [2]. Например, в нагрузочном режиме работы ДВС давление в камере сгорания может изменяться от -5 до 100 бар с частотой до 200 Гц. В таких режимах измерений динамические погрешности, вносимые характеристиками импульсных трубок достигают неприемлемых значений. Это обуславливает необходимость разработки и идентификации параметров динамических моделей адаптеров датчиков давлений, позволяющих рассчитывать истинное давление на входе по значениям, измеренным на выходе адаптера.

Адаптер для измерения давления сгорания разработан на кафедре Электротехники и Мехатроники Южного федерального университета, а его 3D модель представлена на рисунке 1 (а)-(б).

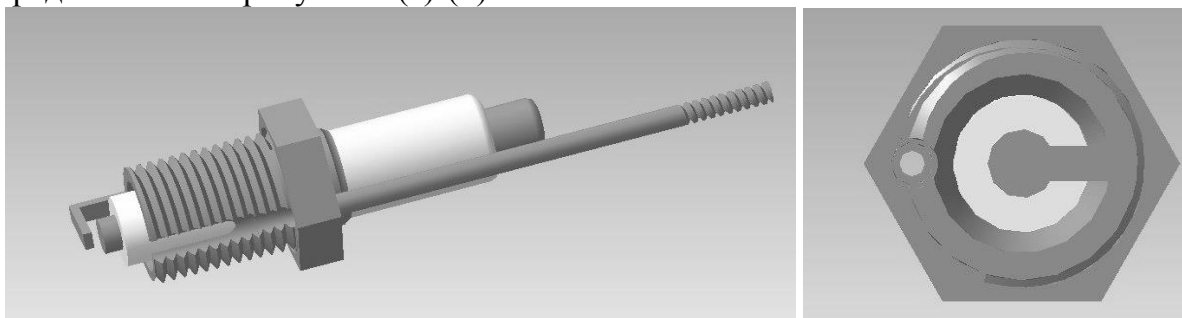


Рис. 1 – Модель адаптера датчика давления: (а) - общий вид адаптера, (б) – вид со стороны электродов

Адаптер на рисунке 1 состоит из стандартной свечи зажигания, в резьбовой части которой выполнен технологический вырез для обеспечения подвода рабочих газов к отверстию и далее к импульсной трубке.

Известно, что для оценки метрологических характеристик пьезодатчиков быстропеременного давления используется методика, основанная на воспроизведении переменного давления в квазистатическом режиме на низкой частоте (40-50 Гц), при помощи гидравлического пульсатора [2]. Исследование сводится к измерению пульсаций на эталонном датчике и исследуемом при одинаковых пульсациях давлений и последующим построением калибровочных таблиц.

Для калибровки адаптера датчика давления на основе свечи зажигания был изготовлен стенд, в котором вместо гидравлического пульсатора для формирования пульсаций давлений использован ДВС. Для одновременной подачи пульсаций давлений использован ДВС. Для одновременной подачи пульсаций давлений был изготовлен адаптер, позволяющий подключить два датчика давления (эталонный и калибруемый) к рабочему цилиндру ДВС, как это показано на рисунке 2 (а)-(в).

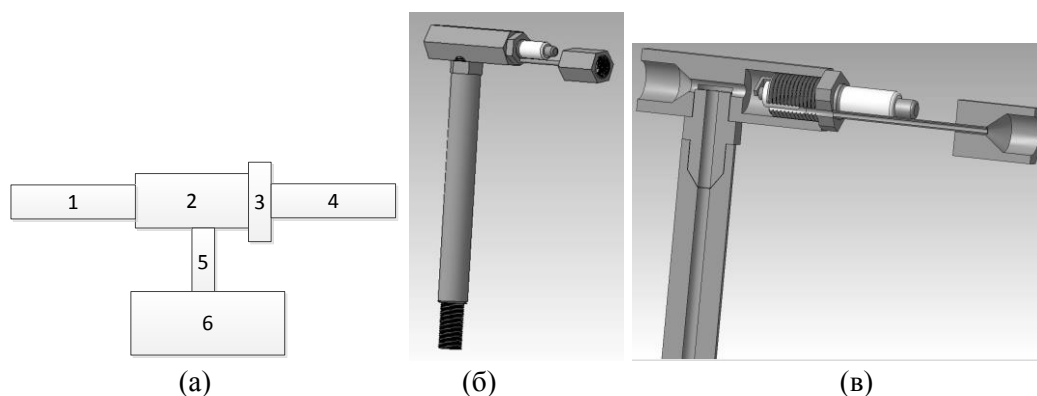


Рис. 2 – Стенд по калибровке адаптера давления: (а) – структурная схема стенда: (1) – первый датчик давления, (2) – тройник, (3) – исследуемый адаптер, (4) – второй датчик давления, (5) – удлинитель для подвода газов, (6) – цилиндр двигателя; (б) – общий вид модели датчика; (в) – калибровочный адаптер в разрезе

Для исследования характеристик адаптера, а также идентификации и верификации его характеристик производилась запись сигналов датчиков давления на входе в адаптер и выходе из него. Для записи сигналов использовался мотор-тестер USB-осциллограф Постоловского, данные с которого передавались на персональный компьютер и сохранялись на жесткий диск. При постановке эксперимента запись данных производилась как на установившихся, так и на переходных режимах работы ДВС. График оборотов двигателя в ходе эксперимента приведен на рисунке 3.

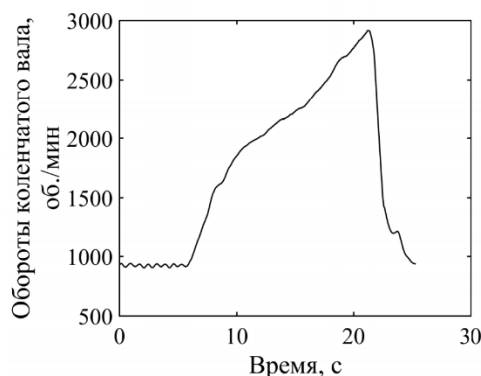


Рис. 3 – График оборотов двигателя в ходе эксперимента

График оборотов на рисунке 3 показывает, что первые 5 секунд эксперимента проводилась запись значений пульсаций давления в цилиндре ДВС, рабо-

тающего на холостом ходу. Начиная с 5 секунды производилось плавное увеличение числа оборотов коленчатого вала (посредством дросселирования), максимум оборотов достигнут на 20 секунде. Затем дроссельная заслонка была закрыта, что привело к уменьшению числа оборотов.

Записанные показания датчиков давлений на входе и на выходе свечи-адаптера приведены на рисунке 4.

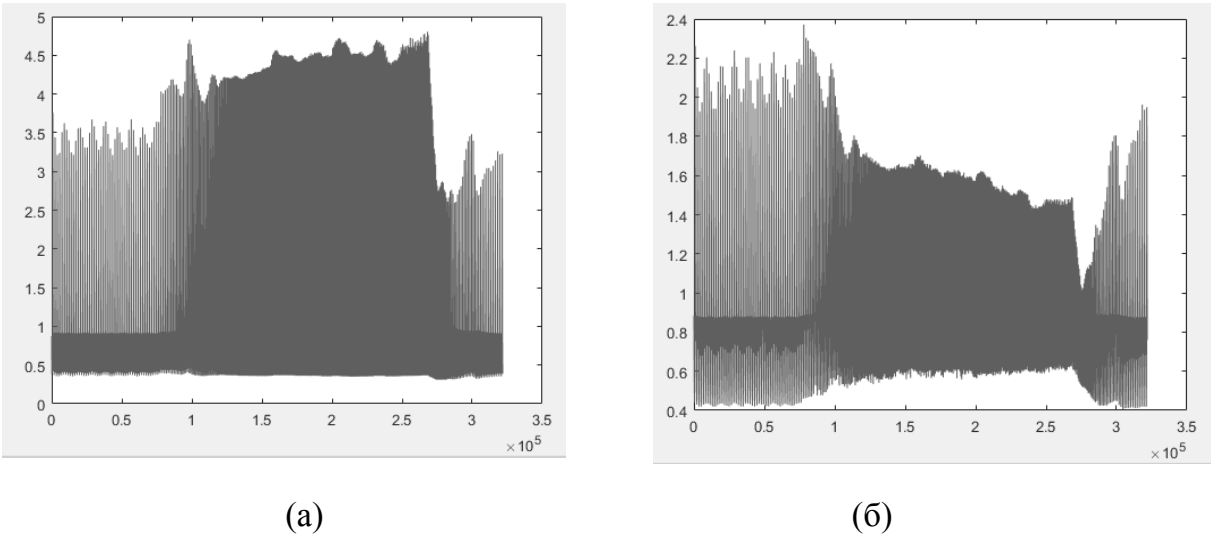


Рис. 4 – Осциллограммы датчиков давлений: (а) – на входе свечи-адаптера, (б) – на выходе свечи адаптера

Анализ данных рисунка указывает на значительные амплитудные и фазовые погрешности, вносимые свечей-адаптером. Для идентификации математической модели адаптера был произведен анализ в системе System Identification MatLab, как это показано на рисунке 5.

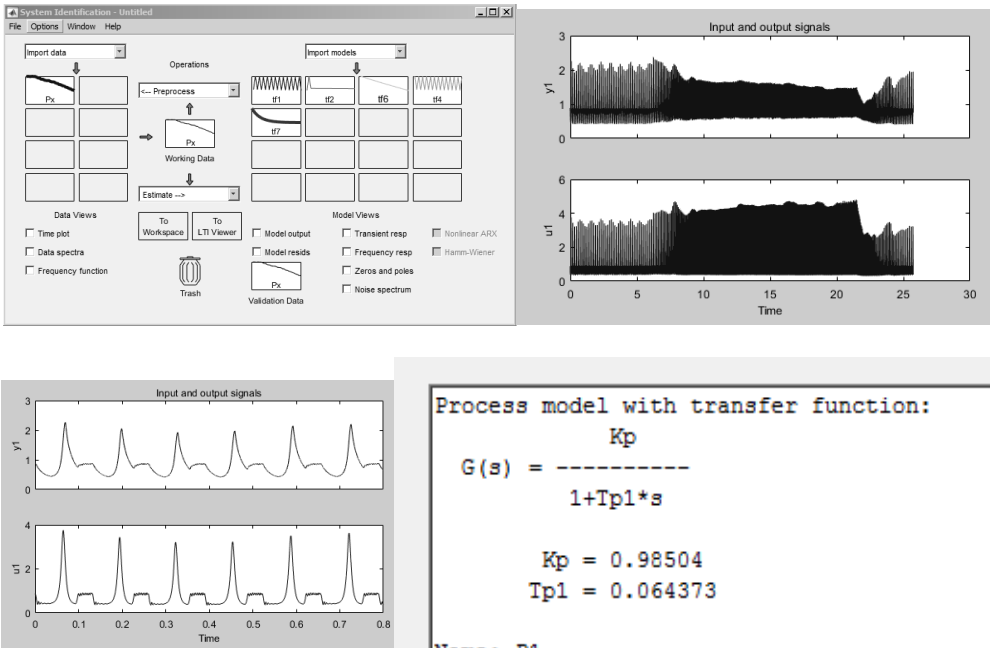


Рис. 5 – Анализ данных в системе System Identification MatLab

В результате исследования установлено, что данные хорошо описываются уравнением инерциального звена первого порядка. Измеренные данные на выходе свечи-адаптера и данные выхода модели предствлены на рисунке 6.

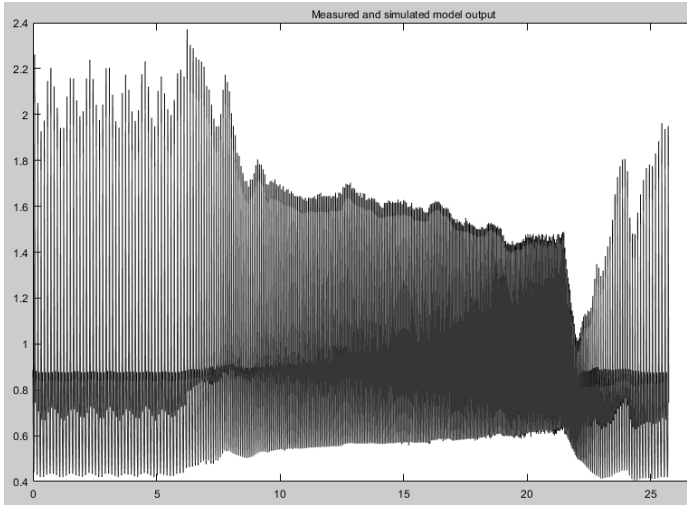


Рис. 6 – Измеренные данные на выходе свечи-адаптера и данные выхода модели

Таким образом, свеча-адаптер проявляет свойства ФНЧ, АЧХ и ФЧХ кото-рого приведены на рисунке 7.

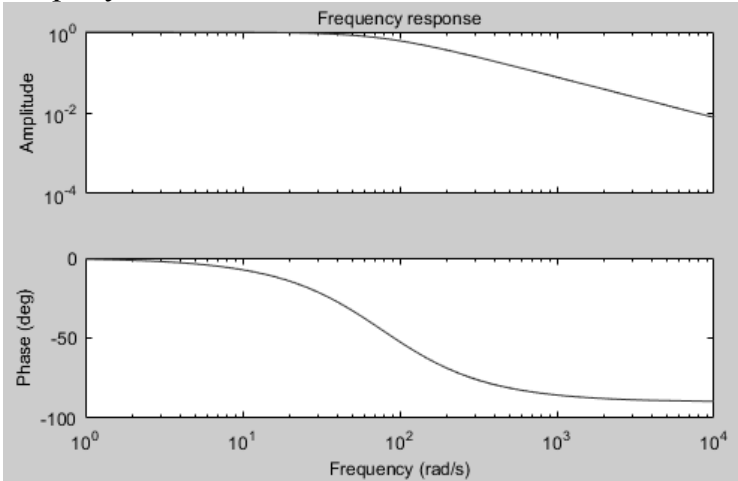


Рис. 7 – Амплитудно-частотная и фазово-частотная характеристики свечи-адап-тера датчика давления

Далее на основе полученной математической модели адаптера была решена задача обратного восстановления сигнала. Процедуру восстановления определяет обратный оператор $B(p)$:

$$B(p)=Tp1+1. \tag{1}$$

Восстановленный сигнал является результатом воздействия оператора $B(p)$ на фильтрованный сигнал:

$$Xв(p)=M(p)*Fх(p)=(Tp1+1)* Fх(p)=Tp1*Fх(p)+ Fх(p). \tag{2}$$

Выполняя для выражения (2) переход от трансформант Лапласа к оригиналам запишем:

$$Xв(t)= Tp1*dFх(t)/dt+Fх(t). \tag{3}$$

Таким образом, чтобы осуществлять процедуру восстановления сигнала после адаптера, необходимо величину производной dF_x/dt умножить на известную постоянную Tr_1 и алгебраически просуммировать результат со значением сигнала после адаптера.

Входной и выходной сигналы до и после процедуры восстановления приведены на рисунке 8.

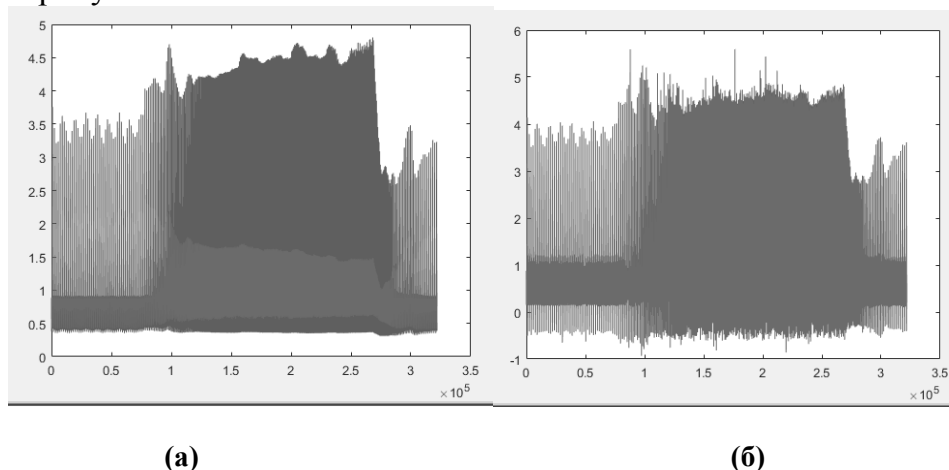


Рис. 8 – Входной и выходной сигналы до и после процедуры восстановления:
(а) – сигнал до восстановления, (б) – сигнал после восстановления

Анализ осциллограмм рисунка 8 показывает, что предложенная динамическая модель позволяет значительно снизить погрешность измерений, вносимую свечой-адаптером в показания датчика давления.

Заключение. Установлено, что разработанный адаптер датчика давления, имеет свойства ФНЧ. Получены АЧХ, ФЧХ адаптера, предложено решение обратной задачи по восстановлению исходного сигнала. Результаты могут быть использованы при исследовании процессов сгорания в двигателях с принудительным зажиганием.

Благодарности:

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-38-00025 «Новые методы анализа ионных токов как инструмент исследования и оптимизации работы ДВС».

Список цитируемой литературы

1. А.Ю. Будко; А.Л. Береснев. Разработка датчика давления сгорания топливно-воздушной смеси для использования в системах управления и диагностики двигателей внутреннего сгорания [Текст] // Материалы Восьмой Всероссийской научно-практической конференции "Перспективные системы и задачи управления"; Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2013 ; С. 184-191.
2. Мокров Е.А., Кашкин С.Г. Концепция развития метрологического обеспечения проектирования, производства и испытаний датчиков и преобразующей аппаратуры для РКТ в ОАО "НИИФИ" // Тезисы докладов ВНТК «Измерения и испытания в ракетно-космической промышленности». – М.: Метрологическая ассоциация промышленников и предпринимателей, 2009. – С. 52-54.

© А.Ю. Будко, Е.В. Янушко, Р.А.Шахбанов, 2018

**ДОМЕННАЯ СТРУКТУРА И ТЕРМОМАГНИТНЫЙ АНАЛИЗ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ФЕРРОМАГНИТНЫХ СПЛАВОВ ГЕЙСЛЕРА С
ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ**

А.А. Комаров, e-mail: alexkomarov1994@gmail.com,

А.Н. Белов, email: Belov.AN@tversu.ru

Тверской государственный университет (ТвГУ) г. Тверь

Разработана экспериментальная методика термомангнитного анализа фазовых переходов в ферромагнитных сплавах Гейслера при одновременном наблюдении их доменной структуры. Разработанный модуль для температурных измерений начальной магнитной восприимчивости сопрягается с поляризационным оптическим микроскопом, обеспечивающим выявление доменной структуры за счёт магнитооптического эффекта Керра. Данный модуль функционирует совместно с цифровым синхронным детектором SR830 и позволяет автоматизировать процесс проведения термомангнитного анализа. Программно-аппаратный модуль построен на базе платформы Arduino Uno. Результаты измерений обрабатываются создаваемым программным модулем. В качестве инструмента разработки программного обеспечения использовалась среда графического программирования LabView.

**DOMAIN STRUCTURE AND THERMOMAGNETIC ANALYSIS OF THE
FUNCTIONAL FERROMAGNETIC ALLOYS OF GEYSLER WITH THE
MEMORY EFFECT OF THE FORM**

A.A. Komarov, e-mail: alexkomarov1994@gmail.com,

A.N. Belov, email: Belov.AN@tversu.ru

Tver State University (TSU), Tver

An experimental technique for thermomagnetic analysis of phase transitions in ferromagnetic Heusler alloys is developed with simultaneous observation of their domain structure. The developed module for the temperature measurements of the initial magnetic susceptibility is coupled with a polarization optical microscope, which ensures the detection of the domain structure due to the magneto-optical Kerr effect. This module works in conjunction with a digital synchronous detector SR830 and allows to automate the process of carrying out thermomagnetic analysis. The hardware-software module is built on the basis of the Arduino Uno platform. The measurement results are processed by the software module. Interaction with laboratory LabView.

Сущность методов магнитного анализа состоит в установлении корреляции между значениями выбираемой магнитной характеристики и значением того или иного параметра, характеризующего структуру сплава. К числу магнитных характеристик относят намагниченность насыщения, температуру Кюри, магнитную проницаемостью, константы магнитной анизотропии.

Сплавы Гейслера – это тройные интерметаллические соединения [3] со стехиометрическим соотношением XYZ (полусплавы Гейслера или сплавы «Half-Heusler») и X₂YZ (полные сплавы Гейслера или сплавы «Full-Heusler»), где X и Y – это переходные металлы, а Z – элементы III-V групп. Кроме того, Y может быть заменен редкоземельным или щелочноземельным металлом. В некоторых сплавах Гейслера на основе Ni-Mn-Z, происходит мартенситное превращение – бездиффузионный фазовый переход 1-го рода, между двумя фазами: аустенитной и мартенситной [3]. Аустенит – высокотемпературная фаза с гранецентрированной кубической решеткой L2₁ или γ-фаза. Мартенсит – низкотемпературная фаза с объемноцентрированной кубической решеткой L1₀ или α-фаза. Как и другие фазовые переходы 1-го рода, прямое мартенситное превращение происходит путем зарождения и последующего роста областей

мартенситной фазы, вследствие чего во время мартенситного перехода среда представляет собой смесь двух фаз. Сплавы Гейслера широко используются в магнитных охлаждающих установках. В основе используемой нами экспериментальной методики лежит синхронное детектирование. Синхронное детектирование используется для выделения и измерения слабых переменных сигналов - вплоть до нескольких нановольт. С помощью синхронного детектирования можно измерить слабый сигнал в фоне шумов, превосходящих сигнал в тысячи раз. Таким образом, выделив необходимый нам сигнал, возможно провести термомагнитный анализ и получить нужную нам зависимость. Основная задача эксперимента – построение термомагнитного гистерезиса. Основой собранной экспериментальной установки является синхронный детектор SR830 [1], выделяемый из входного сигнала одну компоненту с заданной частотой и фазой. Шумы в частотах, отличающихся от заданной, не дают вклад в измеряемый сигнал. В качестве нагревателя используется терморезистор. Температуру сплава контролируется с помощью резистивного датчика температуры. Роль АЦП выполняет блок сбора данных построенный на платформе Arduino UNO. Данный блок позволяет считывать значение с аналогового выхода с частотой более 160 Гц с шагом дискретизации по 0,0049 В [2]. Характеристики данной платформы обеспечивают достаточную точность и позволяют осуществить термомагнитные измерения при невысоких скоростях изменения температуры, характерных для нашего случая. Отметим также простоту соединения Arduino с ПК благодаря возможности USB-соединения и поставляемым с платой драйверам.

На рис. 1. показана принципиальная схема измерений. Получаемые экспериментальные данные оцифровываются и обрабатываются с помощью создаваемого программного модуля. Он будет выполнять следующие задачи: формировать с заданной точностью массивы данных, визуализировать кривые гистерезисных зависимостей и вычислять их характерные параметры, читать и сохранять специальные файлы измерений (в том числе в формате xml). В качестве инструмента разработки использовалась среда графического программирования LabView [4], часто применяемая при разработке программно-аппаратных комплексов. В настоящее время на примерах термомагнитных характеристик сплавов Гейслера проходит тестирование указанного программного модуля.

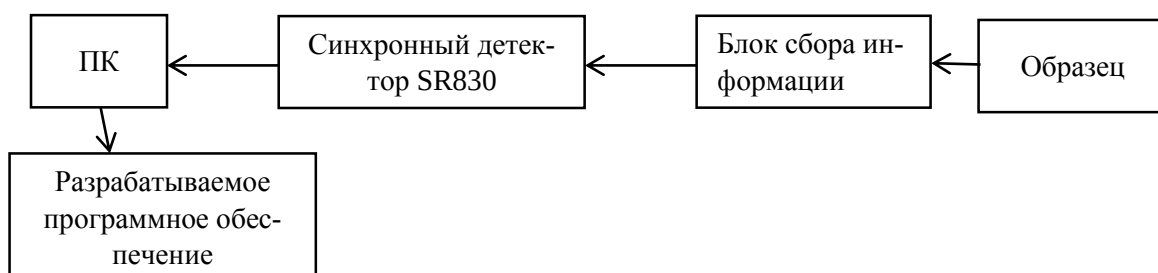


Рис. 1 Принципиальная схема производства измерений

Список цитируемой литературы

1. Model SR830 DSP Lock-In Amplifier.// SR830 User's Manual [Электронный ресурс]. <http://www.thinksrs.com/products/SR810830.htm>.
2. Arduino UNO. [Электронный ресурс]. <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
3. Бучельников В.Д., Васильев А.Н., Коледов В.В., Таскаев С.В., Ховайло В.В., Шавров В.Г. Магнитные сплавы с памятью формы: фазовые переходы и функциональные свойства // Успехи физических наук, 2006, т. 176, № 8, с. 900—906.
4. LabVIEW Вводный курс. National instruments. 2003. 52 с. [Электронный ресурс]. <http://russia.ni.com/datasheet>, ftp://ftp.ni.com/pub/branches/russia/software/labview_8.5.pdf.

**ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛЬ РАБОТОСПОСОБНОСТИ
БЕСКОНТАКТНЫХ СМАРТ-КАРТ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ**

М.В. Мещерин¹, e-mail: meshcherin93@mail.ru, **М.А. Попов²**, e-mail: mihani-
kys@gmail.com, **Д.Ю. Черников³**, e-mail: dchernikov@sfu-kras.ru

Сибирский Федеральный Университет,
Институт Инженерной Физики и Радиоэлектроники, г. Красноярск

Традиционно бесконтактные смарт-карты считаются наиболее удобными носителями ключевой информации и эффективным инструментом взаимодействия пользователей и сложных технических систем. В этой связи, в данной статье предлагается и рассматривается технология контроля и диагностики бесконтактных смарт-карт, используемых для оплаты проезда в общественном транспорте. Предлагаемая технология позволяет оперативно определить работоспособность карты, отобразить количество оставшихся поездок, а также синхронизировать информацию процессингового центра и смарт-карты. Связь оборудования контроля и диагностики смарт-карт и процессингового центра осуществляется средствами перспективной на сегодняшний день технологии широкополосного радиодоступа McWill, работающей в диапазоне 336-344 МГц. Предполагаемая технология позволяет значительно снизить интенсивность обращений владельцев карт в пункты обслуживания и более своевременно обновлять информацию в процессинговом центре.

Ключевые слова: бесконтактные смарт-карты, оплата проезда, процессинговый центр

**DIAGNOSTICS AND CONTROL OF THE OPERABILITY OF
CONTACT-CONTACT SMART-CARD IN DISTRIBUTED SYSTEMS**

M.V.Meshcherin¹, M.A.Popov², D.Y. Chernikov³

Siberian Federal University,
Institute of Engineering Physics and Radio Electronics, Krasnoyarsk

Traditionally, wireless smart cards are considered to be the most convenient storage of key information and an effective tool for interaction between users and complex technical systems. In this connection, this article proposes and considers the technology of monitoring and diagnostics of contactless smart cards used to pay for public transport. The proposed technology allows you to quickly determine the operability of the card, display the number of remaining trips, and synchronize information processing center and smart card. The communication between the control and diagnostics equipment of smart cards and the processing center is provided by means of the promising technology of broadband radio access of McWill operating in the range of 336-344 MHz. The proposed technology allows to significantly reduce the intensity of calls from cardholders to service points and update the information in the processing center in a timely manner.

Keywords: contactless smart cards, journey payment, processing center

Для обеспечения растущих потребностей передачи и обработки информации постоянно необходимо решать проблемы совершенствования инфокоммуникационных систем в двух направлениях. Первое направление связано с совершенствованием оконечных устройств (ОУ), а второе связано с совершенствованием сетей и каналов связи (КС). Оба направления связаны с разработкой эффективных путей развития и совершенствования архитектуры сетей и систем телекоммуникаций и входящих в них устройств.

Одним из развиваемых направлений в области инфокоммуникационных систем является развитие инфраструктуры предприятий автотранспорта в части диагностики и контроля работоспособности бесконтактных смарт-карт, посредством которых осуществляется оплата проезда в общественном транспорте.

Наличие транспортной карты у конечного абонента, помимо оплаты проезда в общественном транспорте, подразумевает необходимость оперативного получения информации о состоянии данной смарт-карты, а именно:

- баланс на счету смарт-карты – количество оставшихся поездок;
- работоспособность (целостность) – статус карты, подтверждающий возможность оплаты, т.е. карта не размагничена и поддается считыванию.

На данный момент не существует технологических средств, позволяющих оперативно получать вышеописанную информацию.

В этой связи в данной работе проведен анализ возможных вариантов решения поставленной задачи. Как правило, оплата проезда в общественном транспорте осуществляется посредством бесконтактной транспортной или социальной карты. Списание поездок с данных карт может осуществляться транспортным терминалом в режиме офф-лайн т.е. без передачи информации о факте списания поездки в процессинговый центр в момент выполнения транзакции. Данные о совершенных поездках, хранимые в памяти транспортного терминала только в конце рабочей смены отправляются в процессинговый центр для дальнейшей обработки. Одновременно с выгрузкой хранимой в терминале информации, терминал получает сведения о картах, включенных в так называемый «черный» список т.е. выведенных их эксплуатации. Данный алгоритм работы системы безналичной оплаты не позволяет прекратить обслуживание этих карт сразу после их включения в «черный» список, т.к. невозможно на момент проведения транзакции проверить подлинность считываемой карты.

Упомянутый недостаток существенно ограничивает возможность использования бесконтактных RFID карт в качестве идентификатора в системах ограничения доступа при организации и проведении, например, крупных спортивных или культурных мероприятий, когда оперативность изменения статуса карты ставится во главу угла.

Перспективным вариантом решения поставленной задачи является организация обработки транзакций бесконтактных карт в режиме реального времени за счет оперативного обмена информацией с процессинговым центром в момент выполнения транзакции. А также разработать терминал, позволяющий комплексно обеспечить абонента необходимой информацией и синхронизировать данные процессингового центра с смарт-картой абонента. На рисунке 1 изображена предполагаемая схема обмена информацией между картой и процессинговым центром.

В качестве транспортных карт используется RFIDMIFARESMART-карта стандарта ISO 14443 TypeA [1]. Социальные и транспортные карты реализованы на базе SMART-карт Mifare 1k. Mifare 1k работают на частоте 13,56 МГц. Общий объем памяти карты, произведенной на базе чипа семейства MifareClassic, составляет 1024 байт. Смарт-карты MifareClassic 1K производятся в полном соответствии с международными стандартами ISO 14443 в России. Толщина карты: 0,76мм. Чип карты разделен на 16 секторов, от 0 до 15. Нулевой сектор, это блок производителя, в котором записан индивидуальный серийный номер карты UID он прописывается на производстве и не поддается изменению. Остальные 15 секторов доступны для считывания или записи. Каждый сектор имеет два ключа вида А и В, а также LOCK-биты. Комбинация последних даёт считывающему устройству информацию о том, разрешена ли запись или чтение и то, с помощью какого вида ключей это можно сделать. В основном считывание происходит через ключи вида А, а запись через ключи вида В. На пустых картах во всех секторах стоят

ключи FFFFFFFFFF. То есть, чтобы считать содержимое карты нужно знать ключи от необходимых секторов.

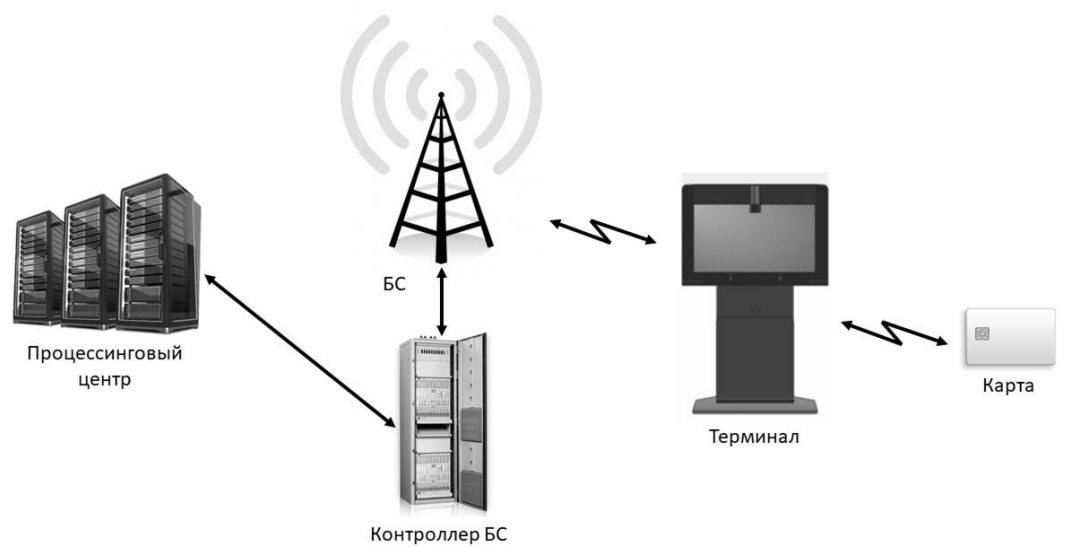


Рис. 1. Схема обмена информацией между картой и процессинговым центром в реальном масштабе времени

Терминал диагностики и контроля (рис. 2) должен осуществлять:

- считывание данных с карт и отправлять необходимую информацию по радиоканалу в процессинговый центр;
- выводить на дисплей актуальную информацию о смарт-карте абонента;
- анализировать работоспособность смарт-карты и при наличии неисправностей отображать информацию о ближайшем сервисном центре.

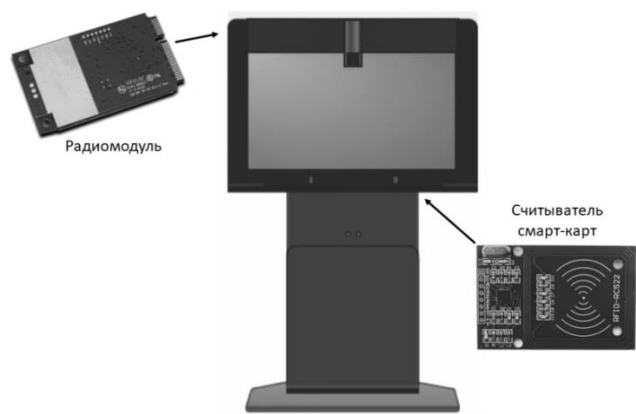


Рис. 2. Терминал диагностики и контроля состояния смарт-карт

А также, в докладе, опираясь на подробно проведенный анализ, произведен выбор технологии беспроводной передачи данных.

Для осуществления обработки транзакции транспортных карт в режиме реального времени канал связи должен отвечать следующим требованиям:

- 1) Временная задержка организации канала – не более 300 мс;
- 2) Вероятность ошибок – не более 10^{-4} ;
- 3) Пропускная способность – не менее 1 мбит/с на один терминал;
- 4) Радиус покрытия базовой станции – оптимальный для доступа терминала

в сеть по всему городу (от 5 км и более).

Рассмотрим некоторые доступные на данный момент технологии беспроводной связи, которые могут быть использованы для этих целей.

LTE [2]. Стандарт беспроводной высокоскоростной передачи данных, который находит широкое применение в системах мобильной связи общего пользования. Является продолжением развития технологии CDMA, UMTS, основанной на использовании OFDM (к клиенту), SC-FDMA (от клиента) и MIMO. Особенностью технологии LTE является возможность работать с частотным (парным, FDD) и временным (непарным, TDD) разделением каналов, что позволяет применять различные топологии оборудования, находящегося у операторов.

Достоинствами данной технологии является, прежде всего, высокая скорость передачи данных (порядка 350 Мбит/с), возможность применения технологий MIMO, высокая спектральная эффективность, многообразие абонентского оборудования различных производителей, а также значительная скорость движения, с которой абонентское устройство может перемещаться в зоне радиовидимости (порядка 300 км/час). Существенными недостатками LTE являются крайне малый радиус зоны радиопокрытия, формируемых одной БС (сотни метров) и очень высокие требования к непрерывной полосе частот, требуемой для организации связи (20 МГц и выше).

McWILL [3]. Данный стандарт относится к профессиональным системам широкополосного радиодоступа. При организации связи McWill использует CS-OFDMA (ортогональный многостанционный доступ с частотным разделением каналов и переменным коэффициентом расширения), адаптивную модуляцию, динамическое предоставление каналов, мягкий хендовер, MIMO Система обеспечивает предоставление как услуг передачи данных, так и голосовых услуг пользователям фиксированной и мобильной связи.

Характерный вид спектра сигналов при передаче данных на временном интервале, составляющем длительность порядка 10 последовательных транзакций приведен на нижеследующем рисунке.

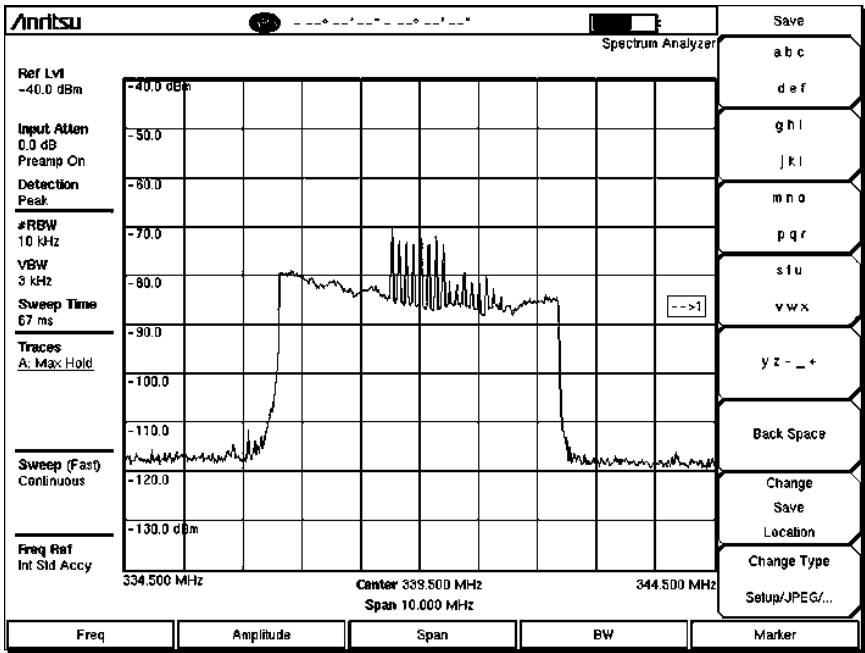


Рис. 3 Вид спектра сигнала

Благодаря использованию указанных выше технологий McWiLL обеспечивает значительную зону радиопокрытия для каждой БС, высокую эффективность использования спектра (до 15 Мбит/с в полосе 5 МГц), эффективное сочетание высокоскоростных и низкоскоростных служб, использование недорогих терминалов, поддержку применений для высокоподвижных объектов и развертывание N=1. Кроме того система McWiLL может легко сопрягаться с сетями следующего поколения (NGN), обеспечивает требуемое качество обслуживания при различных типах трафика и уровень обслуживания для пользователей различного типа. Ширина непрерывной полосы частот, требуемой для развертывания McWill начинается от 3 МГц.

WiMAX [3]. Стандарты семейства IEEE 802.16, реализующие сети беспроводного доступа (БД), получили название WiMAX.

Достоинством стандарта IEEE 802.16 является прежде всего возможность работы в местностях с плотной застройкой при отсутствии прямой видимости. Скорость передачи информации составляет до 70 Мбит/с. Частотные ресурсы, необходимые для развертывания сети WiMax, могут находиться в диапазоне от 2 до 11 ГГц и требуют непрерывную полосу частот от 1,5 до 20 МГц.

Для реализации канала передачи данных технология McWILL является наиболее подходящей по сравнению с другими рассмотренными технологиями, т.к:

- обеспечивает приемлемое покрытие при относительно небольшом количестве базовых станций;
- максимально эффективно использует минимально необходимую полосу частот.

Для обеспечения работоспособности с сетью связи McWILL можно использовать встраиваемый модуль MPE658 (рис. 3).

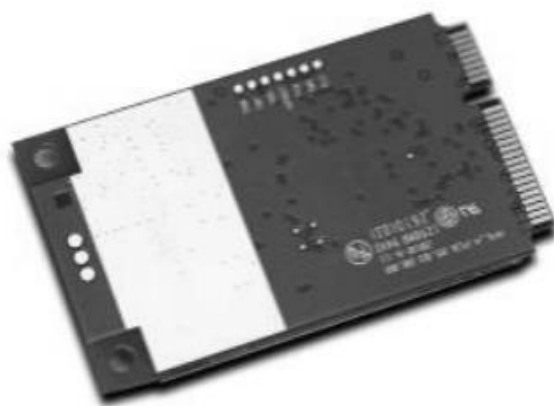


Рис. 3 – MPE658

MPE658 основной, принятый в производстве MINI PCI-EXPRESS 1.21 модуль с некоторыми дополнениями. Этот модуль компактен и имеет множество функций. Он может быть подключен к устройствам сбора данных, КПК, MID, UMPC, устройствам видеонаблюдения и т.д. TCP/IP протоколы и комплект АТ инструкций позволяют подключить стороннее оборудование. MPE658 поддерживает широкополосное соединение, голосовую и транкинговую радиосвязь и скорость передачи данных достигает 1.6Mbps.

Особенности:

- легко устанавливающийся разъем без необходимости в пайке, который легко подключить;
- широкополосное соединение, голосовая и транкинговая радиосвязь;
- множество интерфейсов, таких как аудио, UART, USB, SSI и т.д.;
- встроенный TCP/IP протокол, используемый для подключения стороннего оборудования, позволяет получать IP адрес автоматически и создавать ссылку;
- встроенный комплект АТ инструкций;
- интерфейс контроля режима сна;
- промышленный чип.

Таким образом, в данной работе показано, что терминал диагностики и контроля состояния транспортной карты, используя вышеописанные средства и технологии, позволит оперативно получить абонентам актуальную информацию о состоянии транспортной смарт-карты. А также обеспечит комфорт, доступность и простоту получения этой информации и снизит нагрузку на работников транспортной службы.

Технология McWILL обеспечивает все требования для реализации передачи данных от терминала в процессинговый центр, максимально эффективно используя предоставленный частотный ресурс, при сравнительно меньшем необходимом количестве базовых станций. Это делает её более целесообразной к использованию по сравнению с другими рассмотренными технологиями.

Список цитируемой литературы:

1. Ячный И.В. Автоматизированные средства системы безналичных расчетов на основе бесконтактных карт MIFARE // Научный альманах. 2015. № 10-3. С. 297-299.
2. Никитина А.В., Рыжков А.Е. Сети радиодоступа четвертого поколения. Стандарт LTE: технологии и процедуры. СПб.: СПбГУТ, 2012. 84 с.
3. Шорин А.О., Девлишов А.Г., Туров А.В., Черников Д.Ю. Использование технологии космической ретрансляции внутрисистемных каналов связи в задачах организации абонентского радиодоступа. - Научный журнал «Исследования наукограда», №3-4(18), 2016, С. 39-44.
4. Сюваткин В.С., Есипенко В.И., и др. WiMAX-технология беспроводной связи теоретические основы, стандарты, применение. // СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 368 с.

Секция 5

Диагностика состояния и перспективы развития предприятий, отраслей, комплексов

УДК 338.24.01

ИЗМЕРЕНИЕ СТЕПЕНИ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ¹

*А.С. Воронов¹, incendere@mail.ru, В.В. Сыксин², Iogik@yandex.ru,
В.А. Щербаков², rgtu_vlad@mail.ru*

Институт аграрных проблем Российской академии наук (ИАГП РАН)
РЭУ им. Г.В. Плеханова, Саратовский социально-экономический институт (филиал)

Обоснованы методические принципы оценки природно-ресурсного потенциала мелиорации на базе градиентных нормативов степени мелиорированности сельскохозяйственных территорий Поволжья. Разработана методика определения нового интегрального показателя «Мелиоративная единица территории ($M_{ед}$)» - единичная величина потенциала мелиорации отдельной территории. $M_{ед}$ – представляет собой векторную величину с направлением в сторону возрастания или уменьшения определенного географического скалярного пространства и изменяющегося в соответствии с эти модуля. Разработан проект нормативного уровня показателя $M_{ед}$ для Левобережья Саратовского Заволжья.

TO MEASURE THE DEGREE OF NEED FOR THE DEVELOPMENT OF THE RECLAMATION OF THE TERRITORIES

A.S. Voronov¹, V.V. Sixin², V.A Shcherbakov²

Institute of agrarian problems of the Russian Academy of Sciences (RAS IAP)
REU them. G. V. Plekhanov, Saratov socio-economic Institute (branch)

Methodical principles of assessment of natural resource potential of land reclamation on the basis of the gradient norms of the degree of deliriousness agricultural areas of the Volga region. The technique of determining a new integral index of "Reclamation unit area (Honey)" is the identity value of the potential reclamation of some areas. Honey – it is a vector quantity with the direction in the direction of increasing or decreasing a specific scalar geographical space and changing in accordance with these module. The developed draft normative level $M_{ед}$ for the left Bank of the Saratov TRANS-Volga region.

Принятая в 1966 году государственная программа развития мелиорации в стране предусматривала строительство орошаемых земель в Поволжье на площади более 8 миллионов гектаров. К 1990 году было введено 2.5 миллионов га, что способствовало значительному ускорению решения продовольственной проблемы в большинстве областей региона. Тем не менее, начиная с 90-х годов, орошаемые земли стали стремительно выходить из оборота и к настоящему времени орошение свернуто на 30% площадей[1]. Одной из причин этому является некачественное планирование развития орошения по территории Поволжья. Не учитывались, прежде всего, готовность хозяйств и критерии допустимости распространения орошения по территории региона. В таблице 1 приведены показатели плотности мелиорации по областям Поволжья от северных территорий к южным.

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект «Моделирование устойчивого развития мелиоративно-сельскохозяйственного производства в Поволжье», 3 16-02-00006.

Таблица 1. Удельные показатели плотности мелиорации от северных областей к южным

Регион Поволжья	Площадь с-х угодий, тыс кв. км	Мелиоративный фонд, тыс. кв. км	Удельная плотность мелиорации, тыс. кв.км	
			Млр. фонд на 1 кв. км с-х угодий	Млр. фонд на 1 тыс. ч. с-х насел.
Самарская обл.	34,20	7,80	0,23	0,0135
Саратовская	88,50	28,10	0,32	0,0407
Волгоградская	86,80	14,50	0,17	0,0220
Астраханская	30,10	6,05	0,20	0,0201
Калмыкия	52,40	8,39	0,16	0,0500
Индекс (взвеш.)	-	-	1,03	1,69

По данным таблицы отчетливо прослеживаются две тенденции. Первая – незначительное усиление концентрации орошаемых площадей от Верхнего к Нижнему Поволжью. И вторая – существенный рост дефицита трудовых ресурсов в южных областях. На языке экономики это означает, что развитие мелиорации планировалось в регионах Поволжья примерно с одинаковой плотностью относительно площади сельскохозяйственных площадей, но без учета обеспеченности рабочей силой. После ввода орошаемых земель в эксплуатацию многие регионы стали ощущать серьезную нехватку кадров на орошении. Не хватало квалифицированных работников на поливных работах, грамотных специалистов по контролю мелиоративного состояния орошаемых площадей. В результате к настоящему времени в неудовлетворительном состоянии находится около 20% орошаемых земель. половина ранее построенных земель не поливается [2].

Для полного учета всех факторов необходимо знать степень возможной мелиорированности территорий, которая определяется, во-первых, целесообразной потребностью сельского хозяйства в орошении, во-вторых, возможностями индустрии региона в обеспечении строительства современных оросительных систем и, в-третьих, наличие социальной базы, способной обеспечить орошаемые комплексы трудовыми ресурсами.

Для интегрального учета концентрации всех этих факторов нами опробован градиентный подход. Суть его заключается в расчете градиентного норматива показателя Мелиоративной единицы отдельной территории². Мелиоративная единица (Мед) предлагается рассчитывать по формуле, учитывающей концентрацию мелиорации в сельскохозяйственных угодьях региона, мощность индустриально-энергетической базы, социально-экономический потенциал.

1. Градиент - вектор, своим направлением указывающий направление наибольшего возрастания некоторой величины, значение которой меняется от одной точки пространства к другой, а по величине (модулю) равный скорости роста (производной) этой величины в этом направлении

Мелиоративная единица $M_{ед}$ - единичная величина потенциала мелиорации, равная:

$$M_{ед} = S_{мф} + E_{инд} + E_{энерг} + E_{соц},$$

где $S_{мф}$ - площадь мелиоративного фонда (доля нужды в мелиорации в одном гектаре с-х площади на определенном скалярном пространстве); $E_{инд}$ - мощность индустриальной базы (в расчете на ед. площади); $E_{энерг}$ - мощность энергетической базы (); $E_{соц}$ - потенциал социально-экономической базы (плотность городского и сельского населения в соотношении).

Мелиоративная единица $M_{ед}$ представляет собой векторную величину с направлением в сторону возрастания определенного географического скалярного пространства и увеличивающегося модуля. Модуль равен скорости роста этой величины в векторном направлении. Данная скорость и есть градиент мелиоративной единицы. Задача состоит в том, чтобы выяснить градиент $M_{ед}$ по каждому региону Поволжья в зависимости от его составляющих – мелиоративного фонда, развития индустрии, энергетики, социальной базы. Сведя в единое целое влияния этих факторов получим общую сравнительную (в пространстве и времени) характеристику целесообразности развития мелиорации в Поволжье – в современном измерении и на перспективу.

По данной методике рассчитаны характеристики градиентов показателей развития мелиорации в Поволжском регионе. Градиенты рассчитывались с помощью техники частного дифференцирования динамики показателей природной, хозяйственной и социально-экономической обстановки по мере продвижения от северных к юго-восточным районам Поволжья. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Градиенты природно-климатических, демографических и хозяйственных условий развития мелиорации земель Поволжья

№	Характеристики развития мелиорации	Градиент, %
1.	Доля территории, пригодной к сельскому хозяйству	- 0,8
2.	Доля территорий, нуждающихся в мелиорации	- 2,2
3.	Освоено мелиоративного фонда	- 7,8
4.	Территориальная плотность населения	- 21,00
5.	Территориальная плотность сельского населения	- 12,6
6.	Уровень развития промышленного производства	- 14,5
7.	Уровень развития сельскохозяйственного производства	- 5,0
8.	Уровень развития стройиндустрии	0,3
9.	Глубина уровня грунтовых вод	14,8
10.	Площадь засоление средне и выше допустимого уровня	7,44
11.	Общее неудовлетворительное мелиоративное состояние орошаемых земель	0,65

Данные таблицы показывают, что по мере продвижения к южным районам Поволжья почвенные условия для мелиорации земель ухудшаются в три раза быстрее, чем условия для ведения сельского хозяйства в целом. Высокие темпы снижения общей плотности населения указывают на отсутствие демографических резервов для развития новых сельскохозяйственных отраслей. Градиент плотности сельского населения почти в шесть раз ниже градиента концентрации фонда орошения, что указывает многократное возрастание дефицита трудовых ресурсов

по мере продвижения к югу Поволжья. Практика показала, что проблема эта сказывается на развитии мелиорации уже в Саратовской области. Такая динамика определяет необходимость не столько поиска дополнительных трудовых ресурсов, сколько разработки новых форм организации производства, способных освоить индустриальные методы сельскохозяйственной мелиорации [3].

Характер развития мелиорации, ее темпы зависят от степени развития отраслей промышленности, строительства, сельского хозяйства. Здесь также прослеживается отставание южных областей, причем наибольшее отставание в отраслях промышленности. что сдерживает индустриальный потенциал мелиорации в районах с наиболее сложными природными условиями.

Неполный учет влияния отмеченных условий в проектах и в процессе строительства мелиоративных систем усиливает негативные последствия мелиорации. Как видно из приведенных данных, достаточно высокие темпы освоения мелиоративного фонда по отношению к степени ухудшения к югу региона природно-хозяйственных и демографических условий сопровождается отрицательным градиентом мелиоративного состояния орошаемых земель.

Выводы.

1. По мере продвижения от северных территорий к южным в Поволжье возрастает потребность в мелиорации.

2. В то же время условия для развития мелиорации ухудшаются – повышается уровень грунтовых вод, усиливается засоленность почв, снижается уровень индустриализации производства, повышается дефицит трудовых ресурсов.

3. Недостаточный учет воздействия отмеченных факторов приводят к снижению эффективности орошения и преждевременному выходу из оборота новых орошаемых земель.

4. Интегральный учет воздействия отмеченных факторов возможно осуществлять с помощью градиентного показателя – мелиоративной единицы территорий. Приведенная в статье методика и результаты анализа показали надежность такого показателя и пригодность применения его в целях территориального планирования развития мелиорации земель Поволжья.

Список использованной литературы

1. Щербаков В.А., Воронов А.С. Ретроспективный анализ модели инвестиций в мелиорацию земель Поволжья. В сб. Моделирование. Фундаментальные исследования, теория, методы и средства: материалы 17-ой Междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 26-27 сент. 2017г. / Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. - Новочеркасск: Лик, 2017. - 196 с.
2. Щербаков В.А., Сыксин В.В., Воронов С.А. Моделирование эффективных границ инвестиционной активности в мелиоративной отрасли Поволжья. В сборнике: Социально-экономическая модернизация агропродовольственного комплекса России в условиях глобальных вызовов: материалы Островских чтений 2017. Саратов, Институт аграрных проблем РАН. – 2017. 103 с.
3. Щербаков в.А. Компьютерная программа мультипликаторного анализа инвестиций в мелиорацию земель Поволжья. В сб. Инновационные технологии в экономике и бизнесе [Текст]: материалы II Международной науч. конф. (г. Кемерово, 18 – 19 октября 2017 г.)/ Кемеровский институт (филиал) РЭУ им. Г.В. Плеханова. – Кемерово: Кемеровский институт (филиал) РЭУ им. Г.В. Плеханова. – 2017. – 183 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАНИЗМА АНАЛИЗА ДАННЫХ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ МАГАЗИНА АВТОЗАПЧАСТЕЙ

А.К. Журба, e-mail:nastyazh1248@mail.ru,

Е.А. Продан, e-mail:katya.prodan.1995@mail.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Для отлаженной работы магазина автозапчастей, как и для любого бизнеса, важным фактором является проведение анализа его данных. Магазин автозапчастей подразделяется на множество процессов и подпроцессов, результаты которых создают общую «картину» работы предприятия. Так как любой бизнес-процесс протекает с использованием огромного количества информации, то для ее обработки и систематизации необходимо применение механизма анализа данных и прогнозирования. Такой механизм объединяет в себе следующие типы анализов: общая статистика, который подходит для предварительного анализа данных; поиск ассоциаций, предназначенный для поиска объектов, часто встречаемых вместе; поиск последовательностей, который заключается в выявлении событий, упорядоченных по времени; дерево решений, представляющее иерархию условий, приводящую к определенному решению; кластеризация, которая заключается в группировки сходных объектов по кластерам. На основании результатов анализа данных можно создать модель прогноза.

Ключевые слова: анализ данных, автозапчасти, тип анализа.

USE OF THE MECHANISM OF THE ANALYSIS OF DATA AND FORECASTING FOR SHOP OF AUTO PARTS

A.K. Zhurba, E.A. Prodan

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

For smoothly running work of shop of auto parts, as well as for any business, an important factor is carrying out the analysis of his data. The shop of auto parts is subdivided into a set of processes and subprocesses which results create general "picture" of work of the enterprise. As any business process proceeds with use of a huge number of information, its processing and systematization requires use of the mechanism of the analysis of data and forecasting. Such mechanism unites in itself such types of analyses: the general statistics which is suitable for the preliminary analysis of data; the search of associations intended for search of the objects which are often met together; search of the sequences which consists in identification of the events ordered on time; a tree of decisions, representing the hierarchy of conditions leading to a certain decision; the clustering, consists in groups of similar objects on clusters. On the basis of results of the analysis of data it is possible to create a forecasting model.

Keywords: analysis of data, auto parts, analysis type.

Для проведения анализа данных необходимо определиться, какая информация, накопленная в информационной системе, будет анализироваться. Для более понятного и наглядного отображения информационных объектов предметной области, используемых при проведении анализа, представим их структурные взаимосвязи в виде фрагмента диаграммы классов (рис. 1). *UML*-диаграммы являются одним из самых эффективных и точных видов представления модели данных информационной системы [1-4]. Диаграмма реализована с учетом рекомендаций разработки *UML*-моделей для конфигураций на платформе «1С:Предприятие», описанных в [5-7].

Механизм анализа данных и прогнозирования позволяет работать как с данными, полученными из информационной базы, так и с данными, полученными из другого источника [8, с.101-123]. Применяя к данным один из видов анализа, можно получить результат анализа, представляющий собой модель поведения данных. Использование результата анализа заключается в том, что на его основе

1. Выполнение анализа «Общая статистика» дает нам первичную информацию о ряде характеристик дискретных полей (рис. 2 и рис. 3).

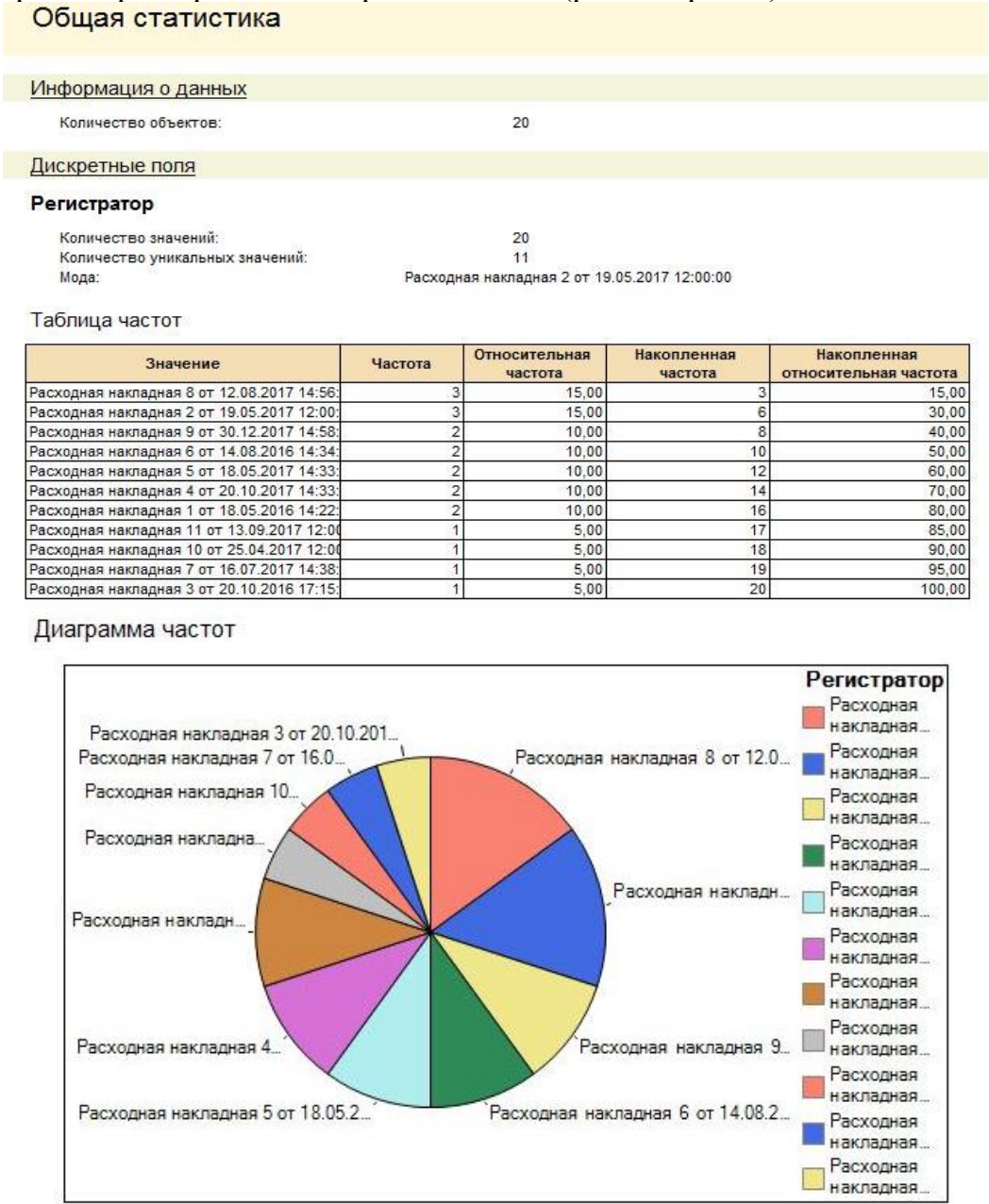


Рис. 2 – Общая статистика на основании источника данных «Регистратор»

Результатом анализа «Общая статистика» являются круговые диаграммы.

2. Вид анализа «Поиск ассоциаций» заключается в нахождении часто встречаемых комбинаций объектов и значений характеристик (рис. 4).

Результатом выполнения анализа «Поиск ассоциаций» являются информация о данных, найденные группы элементов и найденные ассоциативные правила.

Ассоциативные правила разделяются на два варианта:

- отсечение покрытых правил;
- отсечение избыточных правил.

3. «Дерево решений» представляет причинно-следственную иерархию условий, приводящую к определенному решению (рис. 5).

На основании полученных результатов можно отследить и понять причины последствий изменения данных.

«Кластеризация» представляет собой процедуру многомерного анализа, которая группирует сходные по характеристикам объекты в кластеры (рис. 6). Такое разделение происходит на основании вычислений расстояний между объектами. Результаты анализа дают представление о найденных кластерах.

Номенклатура

Количество значений:20

Количество уникальных значений:14

Мода:Шланг высокого давления ГУР

Таблица частот

Значение	Частота	Относительная частота	Накопленная частота	Накопленная относительная частота
Лямбда зонд	2	10,00	2	10,00
Прокладка под коллектор	2	10,00	4	20,00
Крыло(правое)	2	10,00	6	30,00
Руль	2	10,00	8	40,00
Насос гидроусилителя	2	10,00	10	50,00
Шланг высокого давления ГУР	2	10,00	12	60,00
Масло	1	5,00	13	65,00
Маслянный фильтр	1	5,00	14	70,00
Дверь задняя (левая)	1	5,00	15	75,00
Крышка багажника	1	5,00	16	80,00
Шаровая опора	1	5,00	17	85,00
Фара(левая)	1	5,00	18	90,00
Лобовое стекло	1	5,00	19	95,00
Бампер	1	5,00	20	100,00

Диаграмма частот

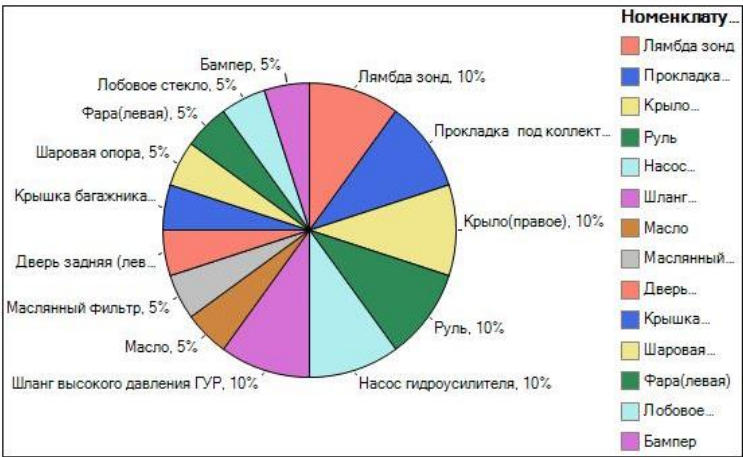


Рис. 3 – Общая статистика на основании источника данных «Номенклатура»

Поиск ассоциативных правил

Параметры анализа

Минимальный процент случаев:10

Минимальная достоверность:60

Минимальная значимость:0

Отсечение правил:Избыточные

Колонки источника данных

Входные колонки

Имя колонкиТип данных

НоменклатураДискретный

Ассоциативные правила

Исходный набор	Следствие	Процент случаев	Достоверность	Значимость
1		18,18	100,00	5,50
Номенклатура = Прокладка под коллектор	Номенклатура = Лямбда зонд			
2		18,18	100,00	5,50
Номенклатура = Лямбда зонд	Номенклатура = Прокладка под коллектор			

Информация о данных

Количество элементов:14

Количество объектов:11

Среднее количество элементов в объекте:1,82

Результат анализа

Найдено часто встречаемых групп:1

Найдено ассоциативных правил:2

Часто встречаемые группы

№Количество случаевПроцент случаев

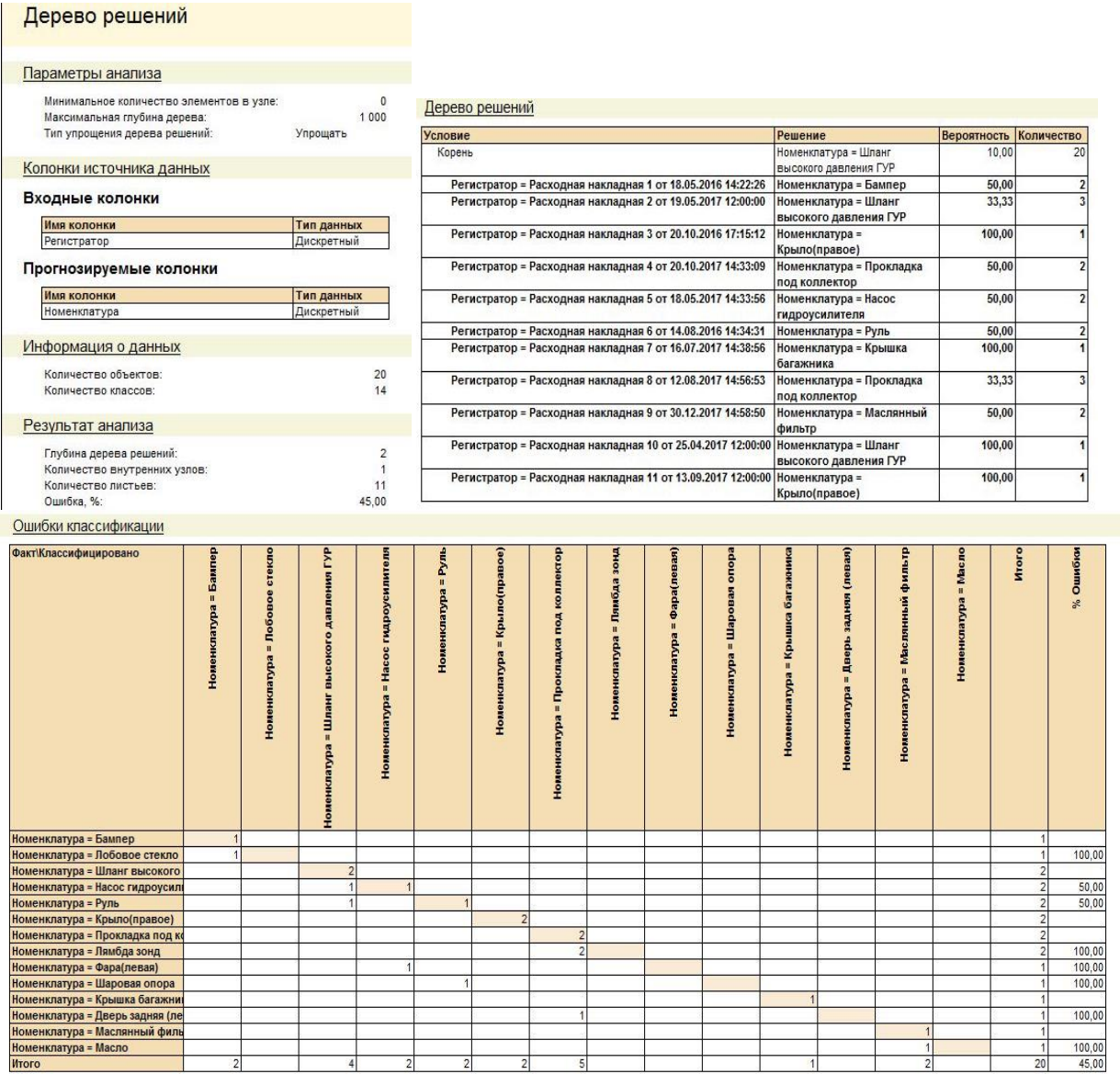
Состав

1218,18

Номенклатура = Прокладка под коллектор

Номенклатура = Лямбда зонд

Рис. 4 – Результаты анализа «Поиск ассоциаций»



Кластерный анализ			Центры кластеров			
Параметры анализа			Поле 1 Кластер			
Количество искомых кластеров:	3		1	2	3	
Стандартизация:	Стандартизировать		Регистратор = Расходная накладная 2 от 19.05.2017 12:00:00			0,7500
Мера расстояния:	Евклидова метрика в квадрате		Регистратор = Расходная накладная 10 от 25.04.2017 12:00:00			0,2500
Метод кластеризации:	Метод k-средних		Регистратор = Расходная накладная 11 от 13.09.2017 12:00:00	0,0667		
Колонки источника данных			Регистратор = Расходная накладная 9 от 30.12.2017 14:58:50	0,1333		
Входные колонки			Регистратор = Расходная накладная 8 от 12.08.2017 14:56:53	0,2000		
Имя колонки	Тип данных	Вес	Регистратор = Расходная накладная 7 от 16.07.2017 14:38:56	0,0667		
Регистратор	Дискретный	1	Регистратор = Расходная накладная 6 от 14.08.2016 14:34:31	0,1333		
Номенклатура	Дискретный	1	Регистратор = Расходная накладная 5 от 18.05.2017 14:33:56	0,1333		
Информация о данных			Регистратор = Расходная накладная 4 от 20.10.2017 14:33:09	0,1333		
Количество объектов:	20		Регистратор = Расходная накладная 3 от 20.10.2016 17:15:12	0,0667		
Результат анализа			Регистратор = Расходная накладная 1 от 18.05.2016 14:22:26	0,0667	1,0000	
Кластеры			Номенклатура = Шланг высокого давления ГУР			0,5000
№ кластера	Количество объектов	Процент	Номенклатура = Лобовое стекло		1,0000	
1	15	75,00	Номенклатура = Масло	0,0667		
2	1	5,00	Номенклатура = Маслянный фильтр	0,0667		
3	4	20,00	Номенклатура = Дверь задняя (левая)	0,0667		
Расстояния между кластерами			Номенклатура = Крышка багажника	0,0667		
Кластеры	1	2	3	Номенклатура = Шаровая опора	0,0667	
1		2,0889	1,1556	Номенклатура = Фара(левая)	0,0667	
2	2,0889		3,0000	Номенклатура = Лямбда зонд	0,1333	
3	1,1556	3,0000		Номенклатура = Прокладка под коллектор	0,1333	
				Номенклатура = Крыло(правое)	0,1333	
				Номенклатура = Руль	0,0667	0,2500

Рис. 6 – «Кластерный анализ»

Поиск последовательностей

Параметры анализа

Минимальный процент случаев:

10

Минимальный интервал:

Максимальный интервал:

Интервал эквивалентности времени:

Минимальная длина последовательности:

2

Информация о данных

Количество элементов:

14

Количество последовательностей:

6

Результат анализа

Найдено последовательностей:

3

Последовательности

№	Количество случаев	Процент случаев	Средний интервал	Минимальный интервал	Максимальный интервал
Состав					
1	1	16,67			
Номенклатура = Руль					
Номенклатура = Насос гидроусилителя			9 мес. 7 д.	9 мес. 7 д.	9 мес. 7 д.
2	1	16,67			
Номенклатура = Крыло(правое)					
Номенклатура = Шланг высокого давления ГУР			7 мес.	7 мес.	7 мес.
3	1	16,67			
Номенклатура = Шланг высокого давления ГУР					
Номенклатура = Крыло(правое)			4 мес. 21 д.	4 мес. 21 д.	4 мес. 21 д.

Рис. 7 – Результаты анализа «Поиск последовательностей»

Список цитируемой литературы

- Широбокова С.Н. Методика использования унифицированного языка моделирования UML при проектировании прикладных приложений на платформе "1С:Предприятие 8"// Экономические информационные системы и их безопасность: разработка, применение и сопровождение : материалы регион. науч.-практ. конф. профессорско-преподавательского состава, молодых ученых, аспирантов и студентов, 1-5 окт. 2009 г., п. Архыз / Ростов. гос. эконом. ун-т (РИНХ).– Ростов н/Д, 2010.– С. 118-126.
- Широбокова С.Н., Рябова М.В. Методика проектирования прикладных приложений на платформе "1С: Предприятие 8" с использованием языка UML // Компьютерное моделирование 2008: тр. Междунар. науч.-техн. конф., 24-25 июня 2008 г. / Санкт-Петербург. гос. техн. ун-т.– СПб :

Изд-во Политехн. ун-та, 2008 .– С.245-252.

3. Широбокова С.Н. Использование методики построения UML-моделей экономических информационных систем на платформе "1С:Предприятие" при подготовке выпускных квалификационных работ бакалавров направления "Прикладная информатика" // Новые информационные технологии в образовании: сб. науч. тр. XVI Междунар. науч.-практ. конф. "Новые информационные технологии в образовании" (Применение технологий "1С" в условиях модернизации экономики и образования).– 2016.– М.: ООО «1С-Паблишинг».– С. 451-454.

4. Широбокова С.Н. Яровая А.С. UML-модели экономических приложений на платформе "1С:Предприятие 8.3" // Интеграция науки и практики как механизм развития отечественных наукоемких технологий производства : сб. науч. ст. по материалам IV Всерос. науч.-практ. конф., Каменск-Шахтинский, 12 нояб. 2014 г. / Каменский ин-т (фил.) ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова.– Новочеркасск: Лик, 2015.– С. 270-272.

5. Широбокова С.Н. Методика построения объектно-ориентированных моделей экономических приложений на платформе "1С:Предприятие" с использованием языка UML // Вестник Юж.-Рос. гос. техн. ун-та (Новочерк. политехн. ин-та). Сер. Соц.-экон. науки.– 2014.– № 2.– С. 28-33.

6. Широбокова С.Н. Аспекты методики UML-моделирования предметно-ориентированных экономических информационных систем на платформе "1С: Предприятие" // Перспективы науки.– 2015.– № 10.– С. 119-125.

7. Широбокова С.Н., Ерко Н.С., Яровая А.С. Использование методики построения объектно-ориентированных UML-моделей при разработке приложений на платформе "1С:Предприятие" // Компьютерные технологии в науке, производстве, социальных и экономических процессах : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., Новочеркасск, 12 дек. 2014 г., г. Новочеркасск / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) имени М.И. Платова.– Новочеркасск: ЮРГПУ, 2015.– С. 101-105.

8. Ажеронок В.А., Габец А.П., Гончаров Д.И. и др. Профессиональная разработка в системе «1С: Предприятие 8».– М.: «1С-Паблишинг».–2012.– Т.2.– 561с.

© А.К. Журба, Е.А. Продан, 2018

УДК 004

АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПО АРЕНДЕ НЕДВИЖИМОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ РЕЕСТРОВ

В.А. Евсин, e-mail: ewsin.wladimir95@gmail.com,

Е.А. Продан, e-mail: katya.prodan.1995@mail.ru,

В.А. Евсина, e-mail: vika_evsina@mail.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В данной статье представлены основные проектные решения по реализации информационной системы по управлению информационными процессами в сфере аренды и продажи недвижимости. Описаны ключевые концепции проектирования информационных системы с использованием технологической платформы *corda*, реализующей принципы распределенных реестров, кроме того приведены основные преимущества использования технологии распределенных реестров по сравнению со стандартными способами реализации реестров с использованием сторонних организаций. Визуализирован фрагмент диаграммы классов в нотации *UML* информационной системы по аренде недвижимости. Представлены динамические диаграммы в нотации *UML* процесса заключения договора аренды с учетом особенностей технологии распределенных реестров, а также технологической платформы *corda*.

Ключевые слова: информационные системы, *corda*, аренда и продажа недвижимости, информатика и вычислительная техника, распределенные реестры.

ASPECTS OF DESIGN OF INFORMATION SYSTEMS REAL ESTATE RENTAL USING THE TECHNOLOGY OF DISTRIBUTED REGISTRIES

V.A. Evsin, E.A. Prodan, V.A. Evsina

This article presents the main design decisions for the implementation of information system for managing information processes in the rental and sale of real estate. Describes the key concepts of designing information systems using technology platforms corda implementing the principles of distributed registries, besides the main benefits of using technologies of distributed registries in comparison with the standard methods of implementation registries using third-party organizations. The visualized fragment of the class diagram in UML notation of the information system on rental property. Represented by dynamic diagrams in UML notation the process of concluding a lease agreement with the features of technologies of distributed registries, and technological platforms corda.

Keywords: information systems, corda, renting and selling real estate, computer science, distributed registries.

В настоящее время все большее внимание уделяется проведению коммерческих сделок с использованием технологий интернет. В качестве технологии регистрации совершения сделки на данный момент наиболее распространена технология ведения реестров. Данный способ организации имеет следующие недостатки:

- высокая стоимость решения при использовании услуг сторонней организации;
- недостаточная прозрачности их работы;
- подверженность коррупции и мошенничеству.

Для решения данных проблем информационная система проектируется с использованием технологии распределенных реестров на платформе *corda*.

Это приложение является развитием идей, заложенных в приложении по аренде недвижимости на платформе «1С:Предприятие», подробнее о котором в [1-6].

Данная система поддерживает взаимодействие следующих типов пользователей:

- владельцы недвижимости: данные субъекты корпоративной сети реализуют транзакции по продаже или сдаче в аренду недвижимости;
- агентства недвижимости: данные субъекты корпоративной сети являются посредниками в сделках по аренде или продаже недвижимости;
- покупатели/арендаторы: данные субъекты корпоративной сети реализуют транзакции по снятию или аренде недвижимости.

Общая схема корпоративной сети представлена на рис. 1.

Каждый участник сети может иметь центральный сервер предприятия (ЦСП), сервер распределенного реестра (СРР) и клиентское приложение. В сети размещается центральный сервер сети, представляющий собой кластер серверов, в которых расположены сервисы нотариусов и оракулов, это позволяет добиться повышения уровня отказоустойчивости, а также снижения очередей в СМО сервисов. Кроме того, центральный сервер сети включает классификаторы и справочники, являющиеся необходимыми для совершения различных транзакций, например, справочник ФИАС (федеральная информационная справочная система).

Одной из центральных транзакций в сфере недвижимости является заключение договора аренды недвижимости. Данная транзакция подразумевает заключение сделки между агентством по аренде недвижимости и арендатором.

Последовательность операций, выполняемых в ходе проведения данной транзакции, представлена на рис. 2. Данная визуализация выполнена в нотации UML с учетом рекомендаций, представленных в [7-8].

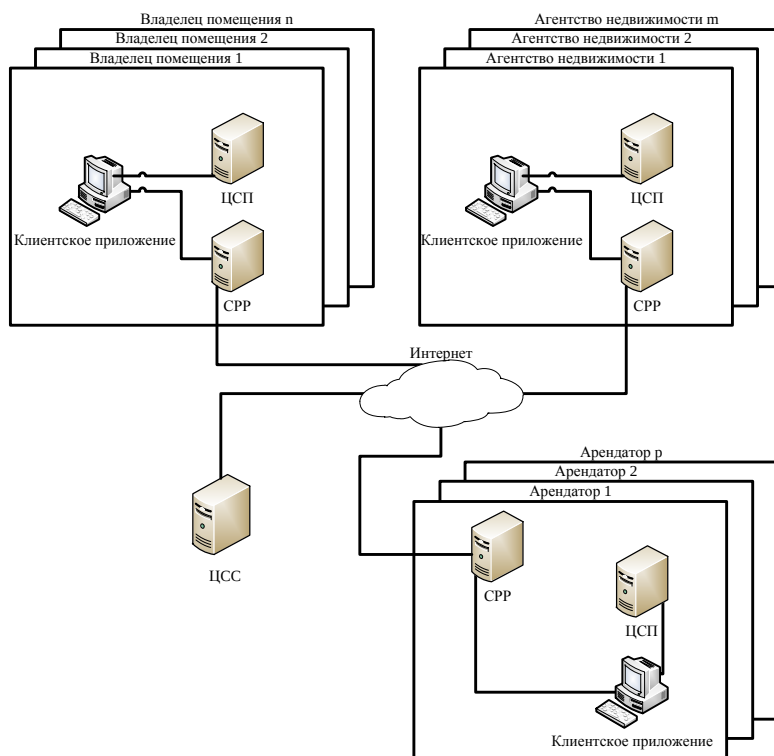


Рис. 1 – Общая архитектура сети

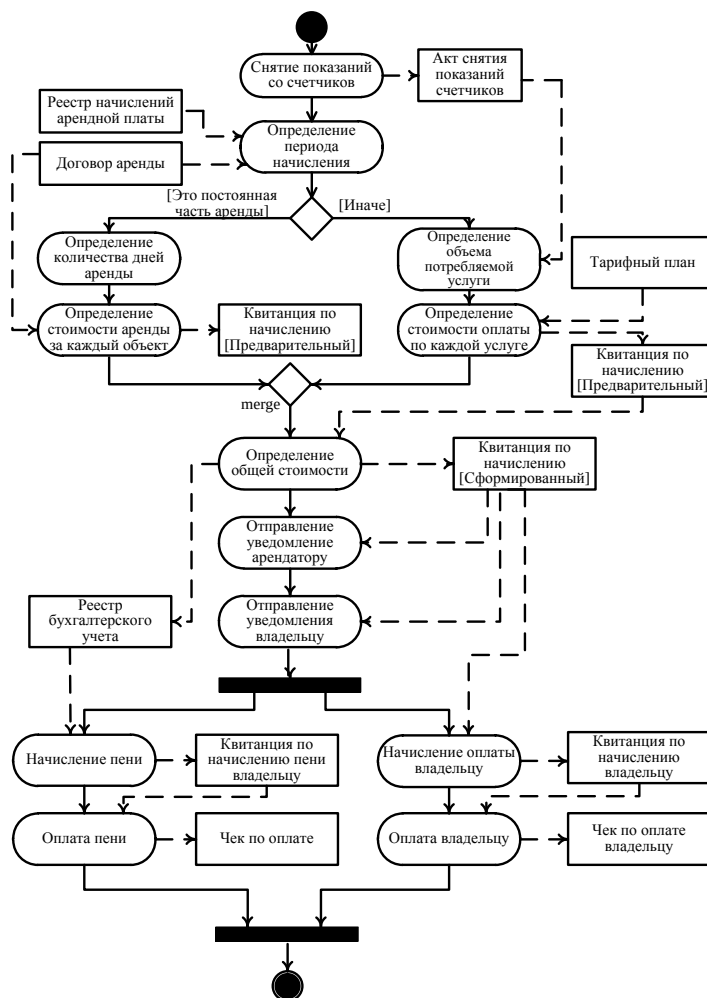


Рис. 2 – Диаграмма деятельности процесса заключения договора аренды

Сервисы нотариусов используются для валидации транзакции на основе достижения консенсуса, а также подписи транзакции в случае подтверждения соответствия условиям смарт-контракта. Транзакции на платформе *corda* должны быть верифицированы всеми сторонами, участвующими в сделке, кроме того после проверки соответствия смарт-контракту транзакцию заверяет выбранный нотариус. Последовательность операций при валидации и подписи транзакции по аренде недвижимости с учетом особенностей платформы *corda*, визуализированная в нотации *UML* [7], представлена на рис. 3.

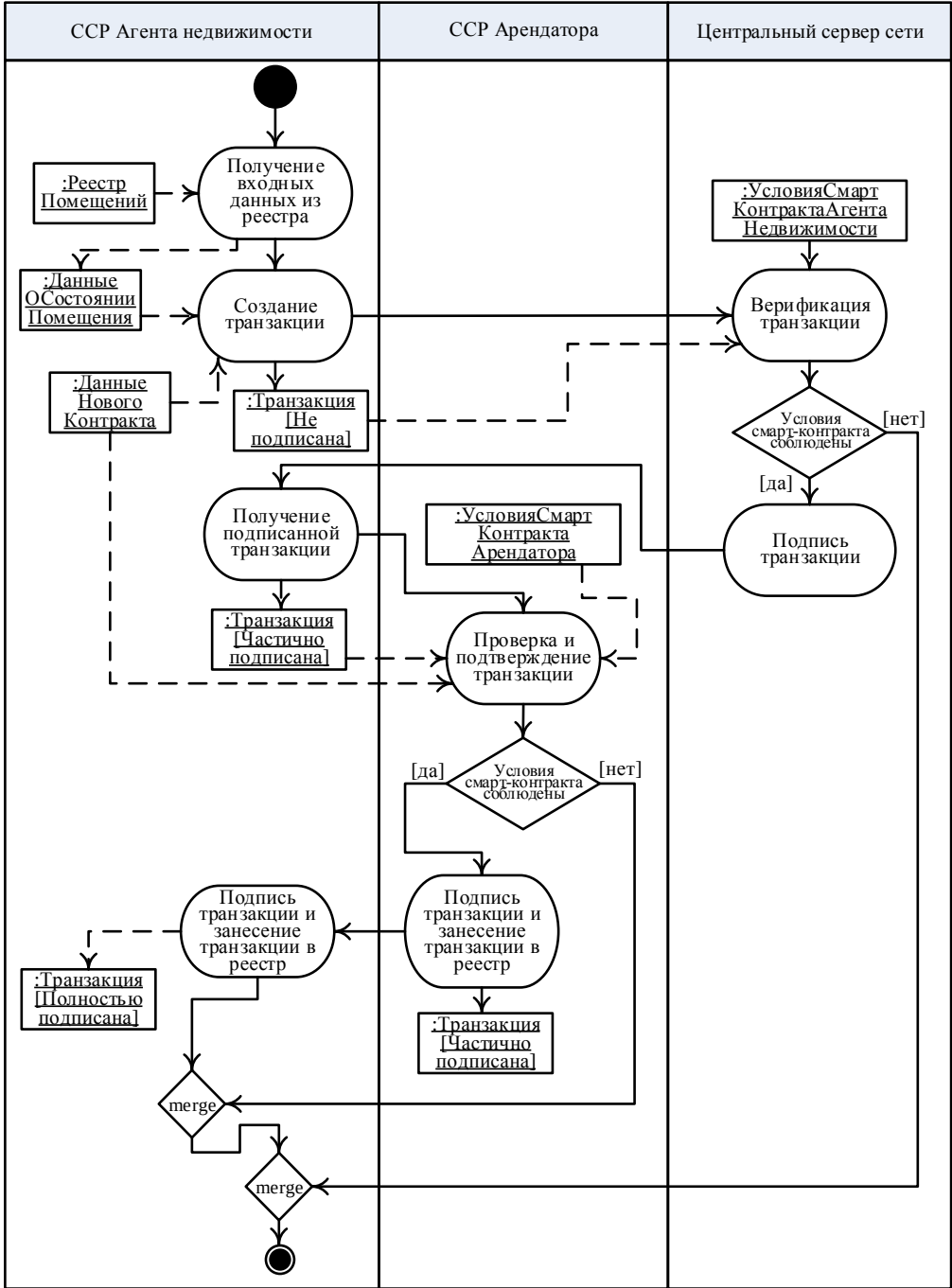


Рис. 3 – Диаграмма деятельности процесса заключения договора аренды на платформе *corda*

Платформа *corda* поддерживает технологию «эволюции объектов», которая подразумевает, что состояния объектов должны быть связаны в единую цепочку.

Это реализуется с использованием идентификатора типа *UniqueIdentifier*. С учетом данного элемента внутренняя структура схемы данных проектируемой системы с использованием нотации *UML* [9] представлена на рис. 4.

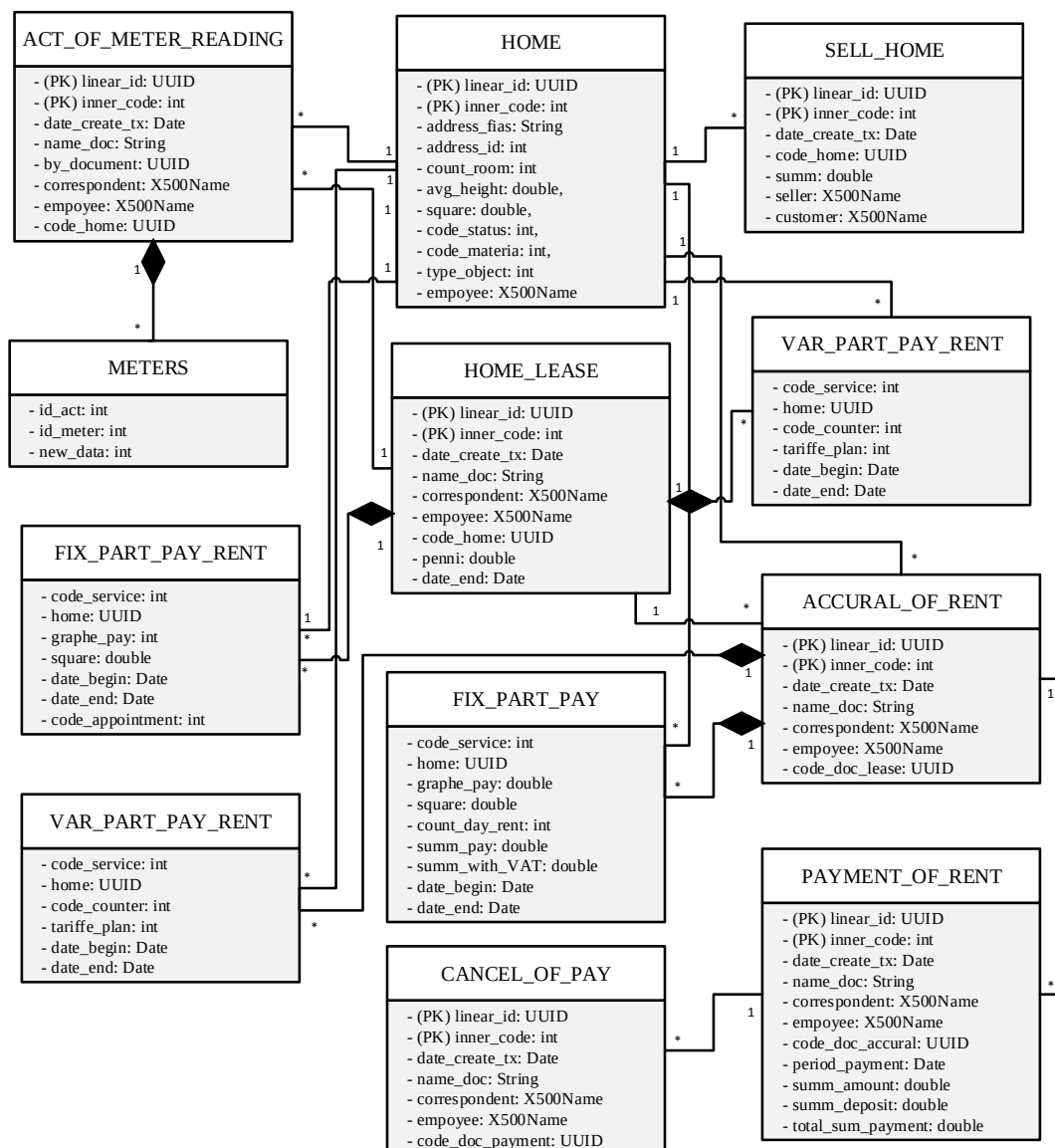


Рис. 4 – Диаграмма классов (фрагмент)

Данная информационная система распределена между всеми участниками, транзакции дублируются у всех участвующих сторон, что позволяет добиться повышения безопасности при проведении сделок. Каждая транзакция проходит верификацию с использованием смарт-контракта, в котором прописаны основные условия выполнения транзакции, при удовлетворении которых сервис нотариуса подписывает транзакцию. Кроме того, транзакции подписываются всеми участниками сделки после проведения верификации на их сервере. После проведения сделки транзакция хешируется с использованием технологии дерева Меркла. Данные факторы позволяют добиться значительного прироста надежности хранения данных.

Дальнейшая реализация будет направлена на разработку остальных модулей информационной системы и их интеграции.

Список цитируемой литературы

1. Горбатенко Н.И., Евсин В.А., Широбокова С.Н. О подходе и проектных решениях реализации модуля оценки стоимости аренды недвижимости // Фундаментальные основы, теория, методы и средства измерений, контроля и диагностики Материалы 18-ой Междунар. молодежной науч.-практ. конф. – 2017.– С. 282-389.
2. Евсин В.А. Мобильная система подбора арендуемой недвижимости: функциональность и основные системные решения // Научная дискуссия современной молодежи: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей Междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 28 сентября 2016г.– 2016.– С. 50-53.
3. Евсин В.А., Широбокова С.Н. Моделирование и реализация мобильного приложения подбора арендуемой недвижимости // Моделирование. Теория, методы и средства: материалы 16-ой Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 110-летию Юж.-Рос. гос. политехн. ун-та (НПИ) имени М.И. Платова, Новочеркасск, 06-07 декабря 2016 г.– 2016.– С. 60-65.
4. Евсин В.А., Продан Е.А., Широбокова С.Н. Применение мобильных технологий платформы "1С:Предприятие" при подготовке выпускной квалификационной работы // Новые информационные технологии в образовании: инновации в экономике и образовании на базе технологических решений 1С. Сборник научных трудов 17-й Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 31 января-01 февраля 2017 г.– Ч.2.– 2017.– С. 53-58.
5. Евсин В.А. Аспекты реализации информационной системы "Аренда недвижимости" на платформе "1С: Предприятие 8.3" // Информационные и измерительные системы и технологии: Сборник науч. статей по матер. еженед. науч.-техн. семинара, Новочеркасск, 17 апреля-21 июня 2016г.– 2016. – С. 5-11.
6. Евсин В.А., Продан Е.А., Широбокова С.Н. Проектирование сервера мобильного приложения "Аренда недвижимости" на платформе "1С:Предприятие 8.3 // Новые информационные технологии в образовании: Сборник науч. трудов 18-й Междунар. науч.-практ. конф. «Новые информационные технологии в образовании (Применение технологий "1С" для развития компетенций цифровой экономики)», 30-31 января 2018г./ Ч.1. – М.: ООО "1С-Паблишинг", 2018. – С. 60-63.
7. Широбокова С.Н., Хашиева Л.Н. Разработка информационных моделей экономических систем с использованием унифицированного языка моделирования UML: учеб. пособие/ Рост. гос. экон. ун-т «РИНХ». – Ростов н/Д, 2002. –144с.
8. Широбокова С.Н. Методика построения объектно-ориентированных моделей экономических приложений на платформе «1С:Предприятие» с использованием языка UML// Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). Серия Социально-экономические науки. –2014.–№2.– С. 28-33.
9. Широбокова С.Н. Использование инструментальных средств поддержки реинжиниринга бизнес-процессов: учеб. пособие / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2014. – 194 с.

© В.А. Евсин, Е.А. Продан, В.А. Евсина, 2018

УДК 332.1, 334.7

ВЕРТИКАЛЬНО-ИНТЕГРИРОВАННЫЕ КОМПАНИИ: ПРОЦЕСС РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РЕГИОНАЛЬНОЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО

Ю.В. Жилкина, e-mail: zhilkina.yulia@gmail.com

ПАО «ФСК ЕЭС», г. Москва

В данной статье рассматриваются отдельные теоретические и прикладные проблемы управления процессами реструктуризации вертикально-интегрированных компаний и их влияния на развитие регионального экономического пространства. Проведенное исследование позволило сделать следующие основные выводы и рекомендации.

1. Эффективное управление реструктуризацией вертикально-интегрированной компании в современных условиях предполагает необходимость применения сформированной в исследо-

вании матрицы организационных структур управления вертикально-интегрированной компанией в процессе ее реструктуризации, учитывающая уровень вмешательства собственников в процессы принятия решений и качество организационной культуры предприятия.

2. Оценку потенциала реструктуризации с точки зрения текущего состояния и перспектив развития внутренней среды вертикально-интегрированной компании необходимо проводить с использованием предложенного в исследовании методического подхода к оценке переменных внутренней среды, основанного на применении метода анализа иерархий к исследованию внутренней среды в разрезе переменных (цели, структура, задачи, технология и персонал).

3. Воздействие реструктуризации вертикально-интегрированных компаний на состояние и тенденции развития региональной экономики проявляется в перераспределении пучка прав региональной собственности как сложившейся в рамках территориально-локализованной системы конфигурации прав собственности на основные активы, что находит отражение в трансформации инсайдерской собственности в аутсайдерскую, что позволяет выделить три группы субъектов Федерации, различающихся по конфигурации правомочий собственности и ее субъектному составу.

4. Реструктуризация вертикально-интегрированных компаний обуславливает изменение конфигурации регионального экономического пространства как совокупности транзакций с участием резидентов и нерезидентов в границах территориально-локализованной системы, в направлении перехода к постиндустриальному типу, характеризующемуся неиерархичностью, дисперсностью и сетевым характером структуры.

5. Целевым результатом управления взаимодействием вертикально-интегрированных компаний и региональных экономических систем выступает изменение уровня спецификации и дифференциации прав собственности, в соответствии с которой регион-колония трансформируется в регион, характеризующийся рекомбинированной собственностью, и регион-собственник.

Ключевые слова: вертикально-интегрированные компании, реструктуризация, региональное экономическое пространство.

VERTICAL INTEGRATED COMPANY: RESTRUCTURING PROCESS AND ITS IMPACT ON REGIONAL ECONOMIC SPACE

Y.V. Zhilkina

JSC FGC UES, Moscow

This article discusses selected theoretical and applied problems of management processes of restructuring of vertically integrated companies and their impact on the development of regional economic space. The conducted research allowed to draw the following main conclusions and recommendations.

1. Effective management of the restructuring of vertically integrated companies in modern conditions implies the necessity to apply generated in the study of matrix organizational structures of management of a vertically integrated company in the process of restructuring, taking into account the level of interference of owners in the decision-making processes and the quality of the organizational culture of the enterprise.

2. Evaluation of potential restructuring from the point of view of the current state and prospects of development of the internal environment of the vertically integrated company must be carried out with the use of the study's methodological approach to the assessment variables of the internal environment, based on the application of the analytic hierarchy process to the study of the internal environment in the context of the variables (purpose, structure, tasks, technology and personnel).

3. The impact of the restructuring of vertically-integrated companies on a state and tendencies of development of regional economy is manifested in the redistribution of the beam regional rights of ownership as established in the framework of a territorially localized system of property rights on the underlying assets, which is reflected in the transformation of insider ownership in the outsider, which allows to allocate three groups of subjects of the Federation, differing by the configuration of property rights and its subject composition.

4. Restructuring of vertically integrated companies causes changes in the configuration of regional economic space as a set of transactions involving residents and non-residents within the boundaries of the geographically-localized systems in the area of transition to post-industrial type, characterized by hierarchical, dispersion and network structure character.

5. Target outcome of the control interaction between vertically integrated corporations and regional economic systems is the change of the level of specification and differentiation of property rights, in accordance with which the region is a colony transformation in the region, characterized by recombined property, and region-owner.

Keywords: vertical integrated company, the restructuring of the regional economic space.

Главными тенденциями институционального развития корпоративного сектора России в 2000-х гг. стали процессы концентрации акционерного капитала, объединения предприятий и реорганизация уже созданных бизнес-групп. При этом основной и позитивной тенденцией стал переход от многоотраслевых холдингов и конгломератов, типичных для 1990-х гг., к более структурированным и управляемым вертикально интегрированным компаниям.

Происходящие в российском промышленном секторе интеграционные процессы вызваны в первую очередь стремлением предприятий перестроить свои границы в соответствии с новыми экономическими условиями. Ситуация глобальной конкуренции, в которую вовлечена отечественная промышленность, требует от компаний постоянного повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции и повышения эффективности производственного процесса. Этим продиктован интерес со стороны отечественных предприятий к стратегии вертикальной интеграции. Вертикальная интеграция представляет собой производственно-ориентированный тип стратегии, цель которой — повышение эффективности всей производственно-технологической цепочки.

Характер воздействия корпораций на состояние и тенденции развития регионов во многом определяется содержанием процессов реструктуризации субъектов крупного бизнеса, представленных диверсифицированными, вертикально-интегрированными, горизонтально-интегрированными и смешанными компаниями. Реструктуризация затронула отношения собственности, механизмы обеспечения устойчивого развития в направлении создания бизнес-портфеля, сбалансированного с точки зрения жизненных циклов различных отраслей и подверженности влиянию рыночной конъюнктуры, порядок взаимодействия с органами государственной власти и сообществом территории размещения.

Одной из наиболее влиятельных групп корпораций в российской экономике выступают вертикально-интегрированные компании (ВИК), представленные преимущественно в добывающих отраслях. Содержание процессов взаимодействия вертикально-интегрированных компаний с региональными экономическими системами определяется уровнем поляризации экономического пространства, состоянием ресурсного потенциала регионов, локальных финансовых рынков и инвестиционными процессами на мезоуровне, а также зрелостью институционального контура территориально-локализованной системы. Учет различий между регионами по уровню развития является необходимым условием результативности взаимодействия между субъектами хозяйствования и территорией их размещения, принимающего формы кооперации, комбинирования, конкурентного взаимодействия, интеграции. Результатом подобного взаимодействия выступает синергетический эффект, который может принять положительное или отрицательное значения. Продолжающаяся структурная трансформация российской экономики в значительной степени определяется способностью отдельных регионов к адаптации к изменяющимся условиям. При этом ряд регионов не обладают должным трансформационным потенциалом, что обусловлено факторами экономического, социального, институционального характера. В этой связи эффективное взаимодействие с ВИК может стать дополнительным фактором модернизационных процессов, которые обеспечивают создание точек роста в форме региональных кластерных образований, промышленных зон, субрегиональных систем, что обуславливает изменение конфигурации экономического пространства.

Необходимость переосмысления отечественного опыта корпоративного управления и выбора наиболее эффективных направлений реструктуризации вертикально-интегрированных корпораций, неэффективность действующих механизмов взаимодействия крупных корпораций с органами государственной власти и сообществом территории размещения в условиях растущей неопределенности рыночной среды – все это предопределило выбор темы диссертационного исследования, ее значимость в теоретическом и практическом аспектах.

Степень изученности проблемы. Необходимость исследования направлений и содержания трансформации экономического пространства регионов под влиянием экспансии крупных корпораций требует изучения альтернативных экономических школ и течений, в рамках которых представлены различные трактовки механизма функционирования региональной экономики и корпоративного управления. Современный этап научного познания определяется как этап междисциплинарного синтеза, основанный на продуцировании качественно новой синтетической парадигмы развития субнациональных территориальных образований. При этом традиционные отрасли экономического знания, сохраняя свойственные для базовой науки свойства, приобретают принципиально новые характеристики, что позволяет сформулировать нормативные положения, направленные на обеспечение поступательной динамики экономических показателей. В связи с этим научное исследование носит междисциплинарный характер и основано на использовании результатов исследований в различных областях знания.

Вопросы вертикальной интеграции рассмотрены в работах таких авторов, как Авельцова В., Батчикова С., Беляева И.Ю., Губанова С., Долгова С.И., Лушанкина П. В., Иванова Н., Маршака А., Толмачева П.И., Цветкова В. Из зарубежных ученых, занятых в этой сфере, можно выделить исследования Шреплера Х.-А., Саги К., Сашимано А., а также авторов коллективных монографий, изданных под эгидой Секретариата Энергетической хартии и изданий Международного Банка.

Таблица 1.

Определения вертикальной интеграции

Yves L. Doz, Gary Harmel	<i>Вертикально интегрированная структура понимается компания, включающая более одной стадии производства конечной продукции, реализующая комбинацию контроля над собственностью предприятий, принадлежащих к разным стадиям технологической цепочки, с контролем над их поведением.</i> Однако в действительности эти два типа контроля могут существовать относительно независимо друг от друга: в системе холдинга возможен вертикальный контроль над собственностью фактически без контроля над поведением, а рыночное поведение формально самостоятельных предприятий, в свою очередь, может контролироваться в отсутствие контроля над собственностью. В последнем случае можно говорить о вертикальной квазиинтеграции или вертикальном контроле, не закреплённом отношениями собственности.
Schreider B.R.	<i>Вертикальная интеграция</i> – слияние компаний разных стадий одной технологической цепочки.
Brou D., Ruta M.	<i>Вертикальная интеграция</i> – это организационное объединение предприятий смежных технологических операций в рамках общей собственности.
Либман А.М.	<i>Вертикальная интеграция</i> – расширение границы фирмы путем включения в нее дополнительных технологических стадий переработки продукта (предшествующих или последующих).

Экономическое пространство традиционно находилось в центре внимания представителей различных научных школ, что подтверждают работы К.И.Арсеньева, Н.Н.Некрасова, Д.И.Рихтера, В.П.Семенов-Тянь-Шанского, В.Н.Татищева и др. В настоящее время методологические вопросы данного направления исследуются такими учеными, как М.А.Гусаков, М.Ф.Замятина, Н.И.Диденко, Б.С.Жихаревич, О.Л.Ким, Г.Б.Клейнер, С.В.Кузнецов, Н.М.Межевич, П.А.Минакир, В.В.Окрепилов, О.П.Пчелинцев, Ю.И.Растова, С.А.Суспицын, А.М.Ходачек и др.

В современной литературе существуют множество толкований понятия «вертикальная интеграция». Каждый из авторов, несмотря на схожесть, дает собственное определение. В наиболее общем виде определения вертикальной интеграции приведены ниже, но следует отметить, что каждый из авторов дает собственное определение. Вот основные из них.

Парадигма управления реструктуризацией компании. Исследование существующих теоретических подходов к реструктуризации деятельности хозяйствующих субъектов показало, что в них отсутствует единая трактовка сущности данного понятия, так как доминируют две основные точки зрения на определение термина «реструктуризация предприятия»: правовая и экономическая. В целях устранения данного противоречия в рамках данного исследования было определено, что реструктуризация хозяйствующего субъекта (к числу которых отнесены вертикально-интегрированные компании) представляет собой изменение процессов управления предприятием, результатом которого является трансформация состава и/или структуры пучка прав собственности, относящихся к данному субъекту хозяйствования. Данная трактовка позволяет уточнить основные укрупненные типы реструктуризации:

1) изменение структуры собственности, капитала и/или корпоративного контроля на предприятии, которое для целей настоящего исследования было определено как радикальная реструктуризация;

2) изменение внутренней структуры предприятия, которое для целей настоящего исследования было определено как внутренняя реструктуризация;

3) изменение масштаба деятельности предприятия, которое для целей настоящего исследования было определено как функциональная реструктуризация.

В процессе исследования теории и практики реструктуризации с использованием методов корреляционного (при исследовании данных о развитии вертикально интегрированных компаний) и контент-анализа (при изучении теоретических подходов) было определено, что важнейшими отличительными признаками указанных типов реструктуризации являются: смена собственника (собственников), изменение базовой бизнес-модели, уровень совокупного риска реструктуризации, уровень радикальности реструктуризационных изменений, внедрение новых операционных бизнес-процессов, уровень использования человеческого потенциала предприятия, уровень использования организационного потенциала предприятия, длительность процесса преобразования хозяйствующего субъекта, совокупность которых образует типологию видов реструктуризации в формате архетипического октагона, представленного на рис. 1.

Сравнительный анализ региональных экономических систем и вертикально-интегрированных компаний позволил выявить совпадение ряда атрибутивных свойств и отнести указанных экономических агентов к числу гибридных институциональных соглашений, что является основанием для использования ин-

струментария корпоративного управления к исследованию региона как квазикооперации и применения при построении системы управления взаимодействием региона и вертикально-интегрированных компаний методического подхода, определяемого общностью их институциональной сущности.

	Смена собственника	Изменение бизнес-модели	Уровень совокупного риска	Уровень радикальности изменений	Внедрение новых бизнес-процессов	Уровень использования человеческого капитала	Уровень использования организационного капитала	Длительность преобразовательных процессов
	+	+	+	+	+	+	-	-
Радикальная реструктуризация	Полная или частичная	Как правило полная	Высокий, широкий спектр рисков	Применяется подход zero approach	Внедряется значительное количество новых бизнес-процессов	Человеческий капитал рассматривается как основа изменений	Организационный капитал рассматривается как один из факторов изменений	Процесс преобразований идет быстро и сопровождается длительной адаптацией
Функциональная реструктуризация	Частичная или отсутствует	Частичная или отсутствует	Высокий, наиболее значимы внешние риски	Применяется подход на основе решений	Внедряются отдельные новые бизнес-процессы	Человеческий капитал рассматривается как ключевой фактор изменений	Организационный капитал рассматривается как ключевой фактор изменений	Процесс преобразований и адаптации идет последовательно и поэтапно
Внутренняя реструктуризация	Как правило, отсутствует	Как правило, отсутствует	Средний или низкий, наиболее значимы внутренние риски	Применяется подход на основе детализированного анализа	Внедряются отдельные новые бизнес-процессы	Человеческий капитал рассматривается как один из важных факторов изменений	Организационный капитал рассматривается как основа изменений	Процесс преобразований и адаптации идет поэтапно
	-	-	-	-	-	-	+	+

Рис. 1. Типология видов реструктуризации

Классификация вертикальной интеграции компаний представлена в таблице 2.

Совпадение ряда атрибутивных свойств экономических систем региональной экономики и ВИК позволяет обосновать возможность использования концепции квазикорпорации в трактовке региона, т.е. исследование последнего в качестве сопоставимого с корпорацией интегрированного образования, обладающего необходимым потенциалом саморазвития и выполняющего многообразие функций, внутренняя среда которого институционально упорядочена, во-первых, в рамках разграничения полномочий между органами государственной власти (федеральными и региональными), а также органами местного самоуправления в соответствии с принципами федеративного государственного устройства, во-вто-

рых, вследствие специфичности активов и преимуществ двусторонней зависимости без полной интеграции, проявляющихся в динамике транзакционных издержек, в разделении рисков, сохранении обособленности прав собственности.

Таблица 2.

Классификация вертикальной интеграции предприятий

Типологический признак	Разновидности вертикальной интеграции	Характеристика
1. В зависимости от интегрирования стадий технологической цепочки	«назад» или «вниз»	Объединение с предприятиями предыдущих технологических операций
	«вниз» или «вверх»	Объединение с предприятиями последующих технологических операций
2. В зависимости от объема интегрирования	Полная	Объединяются все этапы технологической цепочки
	Узкая	Объединение лишь части входящих элементов технологической цепочки и производство остальных собственными силами
3. В зависимости от инициатора интегрирования	Прогрессивная	Объединение, инициатором которого выступает фирма-поставщик, стремящаяся поставить под контроль своих потребителей
	Регрессивная	Объединение, инициатором которого выступает фирма-потребитель, стремящаяся поставить под контроль своих поставщиков

Применение концептуальной модели квазикорпорации в исследовании механизма взаимодействия региона и вертикально-интегрированных компаний определяет разработку единой методологической платформы анализа экономических систем региона и ВИК, что обуславливает значительный гносеологический потенциал инструментов менеджмента при обосновании рекомендаций относительно содержания мер регионального управления.

Исследование позволило выделить целевой вектор развития региональной собственности, который предполагает придание региональному образованию статуса «региона-собственника», что означает концентрацию ключевых правомочий собственности (права на остаточный доход, права на осуществление контроля за остальными участниками, право заключать договоры с остальными участниками (право центрального агента), права изменения членства в команде, права продажи всех полномочий в совокупности и каждого по отдельности) у местного сообщества и представляющего его интересы региональных органов государственной

власти. Атрибутивные признаки региона-собственника, его альтернативы – региона-колонии и промежуточной модели - региона, характеризующегося рекомбинированной собственностью, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Типология регионов по признаку взаимодействия с ВИК

Тип региона	Уровень дифференциации прав собственности	Уровень спецификации прав собственности	«власть-взаимодействие общества»	«власть-взаимодействие бизнес»	Зрелость институтов гражданского общества	Объем и качество производимых локальных общественных благ	Информационная прозрачность регионального управления
Регион-собственник	высокий	высокий	ориентация на социальный результат	частно-государственное партнерство	высокая	предложение соответствует спросу	высокая
Промежуточный регион	средний	средний	ориентация на экономический результат с учетом групповых интересов	торг	средняя	предложение ниже спроса	средняя
Регион-колония	низкий	низкий	ренто-ориентированное поведение органов гос. власти	принудительная благотворительность	низкая	предложение существенно ниже спроса	низкая

Индикатором уровня развития регионального образования в контексте исследуемой проблемы выступает уровень спецификации правомочий собственности, которая предполагает четкое определение и закрепление прав и обязанностей собственника, что снижает уровень неопределенности внешней среды и формирует устойчивые ожидания у экономических агентов. Недостаточный уровень спецификации и дифференциации правомочий собственности отражается в феномене рекомбинирования прав собственности, при котором не совпадают формально закрепленные и реальные права.

Формами государственно-частного партнерства с участием ВИК в российских регионах выступают:

1. Государственное финансирование из средств Инвестиционного фонда РФ крупных инфраструктурных проектов. Например, инвестиционные проекты ОАО «МХК «ЕвроХим» по освоению Гремячинского месторождения калийных солей и строительству на его базе горно-обогательного комплекса по производству калийных удобрений. В качестве инициативных инвесторов выступают коммерческие организации, имеющие потенциальную возможность использовать собственные либо привлеченные под собственные гарантии средства в размере не менее 25% от стоимости проекта, с дальнейшим управлением реализованным проектом на концессионной основе (Волгоградская область).
2. Особые экономические зоны (ОЭЗ). Например, ОЭЗ промышленно-производственного типа «Алабуга», действующая с 2006 г. в центре Камского промышленного узла, одно из предприятий которой – ОАО «Нижекамскшина» –

производит шины легкового, грузового и сельскохозяйственного ассортимента. Для резидентов (инвесторов) предусмотрены следующие преференции: понижение ставки налога на прибыль организации в части налога, подлежащего зачислению в республиканский бюджет до 13,5% на 10 лет; освобождение от налога на имущество и транспортного налога организаций в течение 10 лет с момента постановки имущества и транспортного средства на учет, а также от налога на землю сроком на 10 лет с момента возникновения права собственности на земельный участок, который предоставлен резиденту ОЭЗ. На территории ОЭЗ вводится режим свободной таможенной зоны, который предусматривает ввоз товаров на территорию ОЭЗ без уплаты таможенных пошлин и НДС (Республика Татарстан).

3. Строительство объектов транспортной, инженерной и социальной инфраструктуры, включая обеспечение инфраструктурой площадок под комплексную жилищную («доступное жилье») и промышленную («новая индустриализация») застройку, территорий особых экономических зон и потребностей их резидентов, бизнес-инкубаторов, техно- и индустриальных парков; освоение минерально-сырьевой базы регионов, содействие формированию инновационных проектов по переработке ресурсов; социальное развитие (модернизация и строительство объектов инфраструктуры здравоохранения, образования, культуры, туризма и спорта). Например, ОАО «Северсталь» в 2010 г. завершил реализацию Корпоративной жилищной программы, в рамках которой построено и сдано в эксплуатацию 24 жилых дома. В 2010 г. затраты на улучшение жилищных условий, льготное кредитование на приобретение жилья составили \$5,8 млн. (Вологодская область).

4. Государственное финансирование создания и развития инфраструктуры в рамках концессионных соглашений. Так, Правительством г.Санкт-Петербург было подписано концессионное соглашение с консорциумом «Воздушные ворота столицы» о реконструкции аэропорта «Пулково». Участниками проекта выступают ОАО «Газпромбанк», ЗАО «УК Лидер» и др. Планируемые к привлечению инвестиции оцениваются в 1,4 млрд.евро. (г.Санкт-Петербург).

5. Государственная поддержка инвесторов в виде предоставления налоговых льгот на реализацию приоритетных инвестиционных проектов (снижение ставки налога на прибыль зачисляемого в бюджет региона и снижение ставки налога на имущество, вновь созданное или приобретенное организацией для реализации проекта), снижения арендной платы по арендуемому имуществу, компенсации части процентной ставки по банковским кредитам, предоставляемым на реализацию приоритетных для экономики проектов, а также в части выплат по купонным доходам облигационных займов, выпускаемых под конкретные проекты. Предусматривается предварительная подготовка инвестиционных площадок для инвесторов и, прежде всего, в части инфраструктурного и кадрового обеспечения.

Прогнозирование показателей социально-экономического развития региона, возрастающих относительно базового прогнозного значения в результате реализации государственно-частного партнерства, было проведено на примере Волгоградской области в разрезе показателей, отражающих бюджетный, социальный и инфраструктурный эффект, по следующим сценариям:

1) инерционный (ИН), предполагающий сохранение темпов роста показателей бюджетного, социального и инфраструктурного развития Волгоградской области;

2) эффективно-сырьевой (ЭС), предполагающий внедрение в вертикально-интегрированных компаниях региона разработанных в настоящем исследовании инструментов менеджмента;

3) инновационный (И), предполагающий внедрение в вертикально-интегрированных компаниях региона разработанных в настоящем исследовании инструментов менеджмента, а также применение представленного комплекса регулирующих воздействий региона на деятельность вертикально-интегрированных компаний.

Список цитируемой литературы

1. Воробьева, О.В. Концептуальные основы экономико-математического моделирования оценки эффективности реструктуризации / О.В.Воробьева, Карлина Е.П. // Интеграл. 2009. № 6(50). 0,35 п.л. (авт. – 0,25 п.л.).
2. Воробьева, О.В. Аналитические предпосылки формирования модели оценки эффективности реструктуризации / О.В.Воробьева // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2009. № 6-2(90). Т. 2. Экономические науки. 0,6 п.л.
3. Жилкина Ю.В. Вертикально – интегрированные компании в России: достигнутые рубежи и перспективы развития в условиях глобализации // Ежегодник ИНИОН РАН «Россия: тенденции и перспективы развития», 2008, 2,2 п. л.

© Ю.В. Жилкина, 2018

УДК 159.923:316.472.4

СОСТАВЛЕНИЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ПОРТРЕТА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПО СОДЕРЖИМОМУ ЕГО СТРАНИЦЫ В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ВКОНТАКТЕ

Т.И. Перекрестова, perekrestovat@mail.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В данной статье представлена программная реализация алгоритма составления характеристики пользователя по аватару его страницы в социальной сети ВКонтакте в программной среде *MS Visual Studio 2013 Ultimate*. Данное приложение предназначено для оценки кандидатов при приеме на работу, поскольку оно позволяет определить скрытые особенности личности и составить примерную модель поведения кандидата. Сбор необходимой информации производится с помощью метода *VKAPI users.get*. С помощью метода класса *Bitmap – GetPixel()* осуществляется расчет количества пикселей требуемого цвета на картинке.

Ключевые слова: аватар, социальная сеть, характеристика пользователя, *VKAPI*.

DRAWING UP THE PSYCHOLOGICAL PORTRAIT OF THE USER ON THE CONTENTS OF HIS PAGE ON SOCIAL NETWORK VKONTAKTE

T.I. Perekrstova

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

Program realization of an algorithm of drawing up the characteristic of the user on an avatar of his page on social network VKontakte in the program *MS Visual Studio 2013 Ultimate* environment is presented in this article. This application is intended for assessment of candidates at employment as it allows to define the hidden features of the personality and to make approximate behavior model of the candidate. Collecting necessary information is made by means of the *VKAPI users.get* method. By means of a class *Bitmap* method – *GetPixel()* performs calculation of number of pixels of the required color on the picture.

Keywords: avatar, social network, characteristic of the user, *VKAPI*.

До недавнего времени психологические тесты были одним из самых распространённых инструментов оценки кандидатов, но в настоящее время они считаются малоинформативными и используются реже.

В современном обществе о скрытых качествах человека и особенностях его характера можно сделать вывод по его странице в социальной сети, поскольку для многих пользователей Интернета социальные сети стали одной из важных частей жизни. Наличие страницы в социальной сети стало настолько обыденным, что они просто превратились в некоего рода личные дневники, позволяющие рассказать о себе, показать свои лучшие стороны.

Ведь каждый человек, заполняя профиль на страничке, указывает личные данные, свои интересы и увлечения, а также выделяет себя из общей массы уникальной аватаркой. Выкладывая фото, вступая в группы или выполняя какие-либо иные действия, человек рассказывает о себе и своих увлечениях, а мы, основываясь на этих данных, можем оценить того, кто перед нами. Исследование интересов пользователей и их поиск по заданным критериям проводились, например, в работах [1-5].

Для составления примерного портрета пользователя социальной сети ВКонтакте было разработано приложение, которое позволяет получить ответ от сервера, содержащий имя, фамилию и фото пользователя по его уникальному идентификатору. Приложение отвечает всем требованиям политики конфиденциальности социальной сети ВКонтакте в той их части, которая связана с недопустимостью хранения и распространения личных данных пользователей.

В основу работы приложения был положен метод *users.get*, который позволяет получить расширенную информацию о пользователе. Программа реализована в оконном режиме. Главное окно приложения представлено на рис. 1. На нем осуществляется выгрузка информации о пользователе по его уникальному идентификатору (*ID*), а также осуществляется выбор значений критериев для составления характеристики.

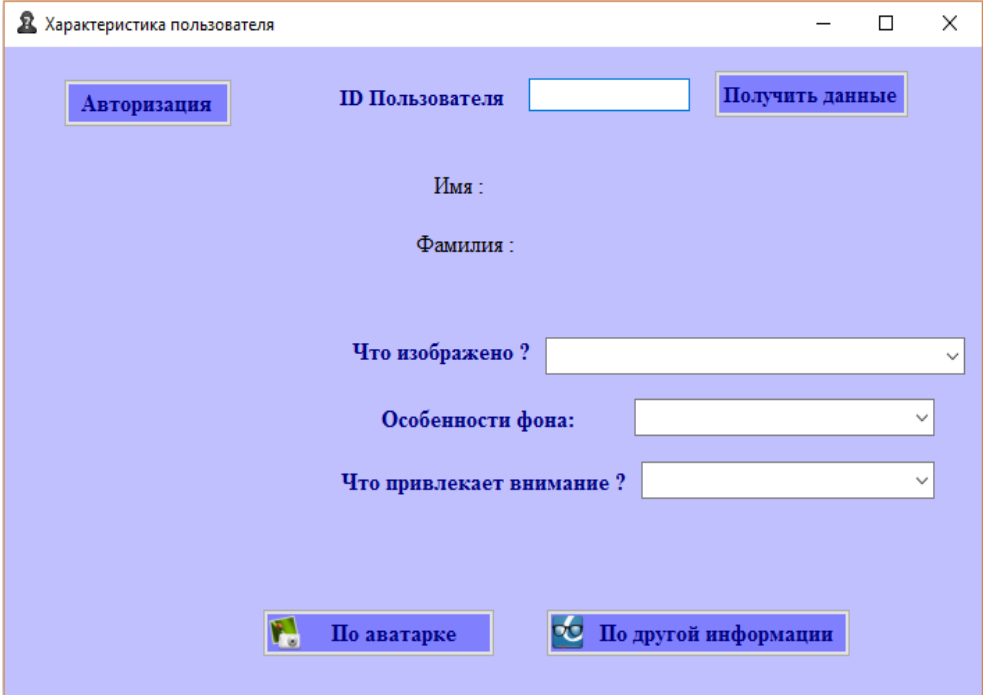


Рис. 1 – Главное окно приложения

Наиболее важным объектом страницы пользователя социальной сети при анализе является главное фото. В результате анализа наиболее часто употребляемых аватаров был составлен примерный алгоритм составления характеристики, а также удалось выявить ряд критериев для анализа и их список их примерных значений. Этими критериями являются следующие:

- 1. Тип изображения.
- 2. Преобладающий цвет.
- 3. Особенности фона.
- 4. Особая деталь (объект, привлекающий внимание).

Варианты значений критериев типа изображения, особенностей фона и особой детали, которые были использованы при составлении характеристики, представлены на рис. 2.

Для определения процентного соотношения каждого цвета на фото создана функция *CalculatePixelPercent()*. Она принимает 2 параметра: объект класса *Bitmap*-объект, используемый для работы с изображениями, определяемых данными о пикселях и определенного цвета *color*. С помощью метода класса *Bitmap* – *GetPixel(i,j)* осуществляется сравнение требуемого цвета с цветом пикселя на картинке. В результате функция возвращает 1 параметр – количество пикселей требуемого цвета на картинке.

Аватарки с изображением дорогих вещей или п	Вода	алкоголь
Аватарка со смешной фотографией	Горы	герой мультфильма
Герой мультфильма или кино	Деревья	дверь
Глаза	Джунгли	кошка
Детёныши животных	Дорога	книги(документы,бумага)
Злодеи, отрицательные персонажи	Космос	кукла
Знаменитый человек	Лес	магические атрибуты
Изображение животного	Ливни	мебель
Изображение темное, простое, и показывает л	Мрачный город	насекомое
На фото есть другие люди	Небо	нечто совершенно непонятное
Необычное, шокирующее, эксклюзивное фото	Официальное фото(в кабинете, на	овощ(фрукт)
Нет вообще никаких персонажей	Поле	оружие
Обычное фото	Пустыня	официальная форма
Отсутствие (пессимистичность) фотографии	Свет	посуда
Природа	Светлый город	птица
Рисунок (коллаж)	Спокойный пейзаж	робот
Фантастическое существо	Туман	рыба
Фото ребенка (собственное детское фото)	Фантастический пейзаж	собака
Черно-белое фото	Фото в домашней обстановке (или	текст на Аватаре
	Экспрессивный пейзаж	украшения и драгоценности
		цветы
		электроника
		ящер

Рис. 2 – Значение критериев анализа

Для определения процентного соотношения каждого цвета на фото создана функция *CalculatePixelPercent()*. Она принимает 2 параметра: объект класса *Bitmap*-объект, используемый для работы с изображениями, определяемых данными о пикселях и определенного цвета *color*. С помощью метода класса *Bitmap* – *GetPixel(i,j)* осуществляется сравнение требуемого цвета с цветом пикселя на картинке. В результате функция возвращает 1 параметр – количество пикселей требуемого цвета на картинке.

После выгрузки информации о пользователе из социальной сети ВКонтакте и выбора значений критериев (тип изображения, особенности фона и особая деталь) осуществляется составление примерного психологического портрета пользователя. На рис. 3 представлен пример характеристики пользователя.

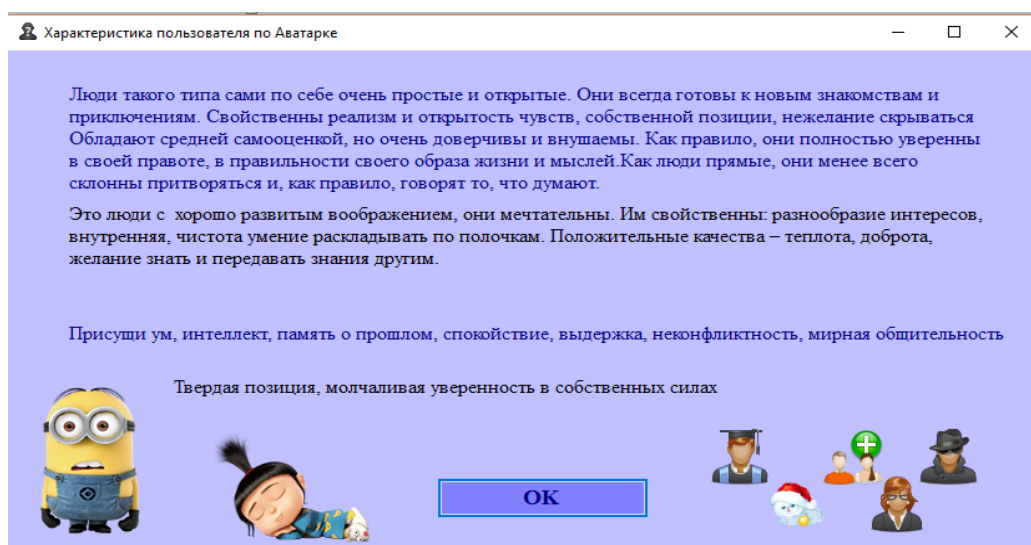


Рис. 3 – Результат работы программы с определенным пользователем (на примере пользователя Перекрестова Татьяна)

Описанное приложение позволяет составить характеристику пользователя по его главной фотографии в социальной сети ВКонтакте по заданным критериям.

Список цитируемой литературы

1. Широбокова С.Н., Холодков В.С., Бейбалаев А.М. Оценка эффективности профориентационной работы в социальных сетях с помощью API-запросов // Информационные и измерительные системы и технологии: сборник науч. статей по матер. еженед. науч.-техн. семинара, Новочеркасск, 01 сентября 2016 г. – 25 января 2017 г. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2017. – С. 103-108.
2. Широбокова С.Н., Холодков В.С., Бейбалаев А.М. Осуществление поиска пользователей социальной сети ВКонтакте по заданным критериям на основе применения инструментария методов API // Информационные и измерительные системы и технологии: сборник науч. статей по матер. еженед. науч.-техн. семинара, Новочеркасск, 01 сентября 2016 г. – 25 января 2017г. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2017. – С. 55-58.
3. Широбокова С.Н., Холодков В.С., Бейбалаев А.М. Программный инструментарий для исследования интересов студентов на основе анализа подписки на тематические сообщества социальной сети ВКонтакте // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). Серия: Социально-экономические науки. – 2017. – № 2. – С. 127-131.
4. Широбокова С.Н., Холодков В.С., Бейбалаев А.М. Использование API-запросов социальной сети ВКонтакте для анализа интересов студентов различных факультетов // Теория, методы проектирования, программно-техническая платформа корпоративных информационных систем: материалы 14-ой Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 110-летию Юж.-Рос. гос. политехн. ун-та (НПИ) имени М.И. Платова, Новочеркасск, 14-15 декабря 2016 г. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2016. – С. 140-144.
5. Широбокова С.Н., Холодков В.С., Бейбалаев А.М. Формализованная модель профиля потенциального абитуриента вуза по данным из социальной сети // Моделирование. Теория, методы и средства: матер. 16-ой Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 110-летию Юж.-Рос. гос. политехн. ун-та (НПИ) имени М.И. Платова, Новочеркасск, 06-07 декабря 2016 г. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2016. – С. 83-86.

© Т.И. Перекрестова, 2018

ПОСТРОЕНИЕ ЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ЗАКАЗАМИ ООО ПК «НЭВЗ»

А.О. Коваленко, Iceman55778@gmail.com, В.Н. Ковалевский, don-server@mail.ru

Южно-Российский государственный технический университет (НПИ)
имени М.И. Платова

С целью проектирования информационной системы (ИС) управления заказами на предприятии ООО ПК «НЭВЗ» в данном докладе представлены этапы построения логической схемы данного производственного процесса. Для этого использованы диаграммы в нотации *IDEF0*, диаграммы деятельности и потоков данных. В качестве основной схемы рассматривается контекстная диаграмма, являющаяся главной бизнес-функцией ИС. В этой диаграмме отражен план производства с входными и выходными данными, который служит базой для всей системы управления заказами. Далее проведены декомпозиция контекстной диаграммы и анализ построенных логических схем. Для графического структурного анализа информационной системы управления заказами ООО ПК «НЭВЗ» в данной работе также построена диаграмма потоков данных и детальное описание ее сущностей.

Ключевые слова: информационная система, производство, анализ, диаграмма деятельности, контекстная диаграмма, диаграмма потоков данных, система управления заказами, декомпозиция.

CREATION OF THE LOGICAL SCHEME OF PRODUCTION OF MANAGEMENT OF ORDERS OF LTD COMPANY OF THE NEVZ PERSONAL COMPUTER

A.O. Kovalenko, V.N.Kovalevskiy, don-server@mail.ru

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)

For the purpose of design of the information system (IS) of control of orders at the LLC PK enterprise «NEVZ» in this report are provided stages of creation of the logic diagram of this production. Charts in a notation of *IDEF0*, workflow chart and data streams are for this purpose used. As the main diagram the context-sensitive chart which is the IC principal business function is considered. The production schedule with input and output data which forms a base for all management system orders is reflected in this chart. Further decomposition of the context-sensitive chart and the analysis of the constructed logic diagrams are carried out. For graphic structural analysis of a management information system orders of LLC PK «NEVZ» in this operation also constructed the dataflow diagram and the detail description of its entities.

Keywords: information system, production, analysis, chart of activity, contextual chart, chart of data flows, control system of orders, decomposition.

В данной работе рассмотрено построение логики производственного процесса информационной системы управления заказами ООО ПК «НЭВЗ» на базе использования диаграмм в нотации *IDEF0*, диаграмм деятельности, потоков данных и классов [1,2].

Информационная система управления заказами ООО ПК «НЭВЗ» обеспечивает общую взаимосвязь между отделами контура организации производства и главными функциями по планированию производства. Данные функции включает в себя следующие задачи: составление технического задания, прием заказа, анализ заказа, планирование закупок, расчет стоимости заказа, расчет прибыли, разработка плана производства, создание карты эскизов, создание маршрутной карты, составление ведомости оснастки, контроль качества, создание графика производства, составление акта внедрения, а также согласование графика технических дисциплин [3].

На рис. 1 представлена контекстная диаграмма информационной системы управления заказами ООО ПК «НЭВЗ», которая показывается главную бизнес-

функцию информационной системы. Она включает разработку плана производства, т.е. пошаговую инструкцию производственного процесса для цехов и является одной из первых фаз в производстве изделий. Механизмами в данной диаграмме являются сотрудники, занимающие должности планировщика и экономиста. Элементами управления являются чертежи, законы Российской Федерации, ГОСТ, информация об охране труда, техническое задание, стандарты предприятия и технологический процесс. На выходе контекстной диаграммы формируется кроме плана производства также график производства, акт внедрения и график технологических дисциплин.

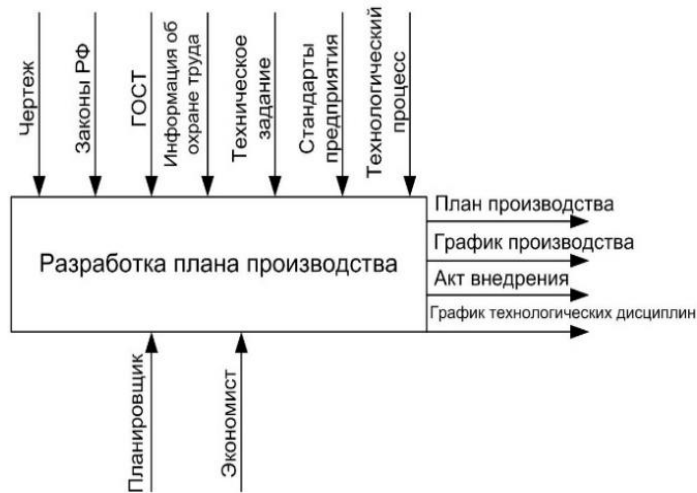


Рис. 1 -Контекстная диаграмма информационной системы управления заказами ООО ПК «НЭВЗ»

Чтобы внимательно изучить все этапы главной бизнес-функции нужно выполнить декомпозицию данной контекстной диаграммы. В результате этой операции диаграмма представляется в виде четырех работ, тесно связанных между собой. Каждая работа передает на выход элемент, являющийся входным элементом следующей работы. Так, например, работа по составлению технического задания имеет на выходе документ, который необходимо для планирования закупок. На выходе второй работы находится сырье, на основе которого будет составляться план производства. На выходе третьей работы находится план производства, к которому нужно применить контроль качества. Если он не пройден, работа по составлению плана производства будет выполняться повторно до тех пор, пока не будут соблюдены все условия, указанные в техническом задании. На выходе четвертой работы находится план производства, успешно прошедший контроль качества, график производства, акт внедрения и график технических дисциплин. Декомпозиция контекстной диаграммы представлена на рис.2.

Для графического, структурного анализа работы информационной системы управления заказами ООО ПК «НЭВЗ» была использована диаграмма потоков данных, изображенная на рис. 3. Как видно из этого рисунка, была взята следующая внешняя сущность: заказчик- юридическое лицо, предоставляющее заказ предприятию на производство какого-либо изделия. В рассматриваемой диаграмме потов данных можно выделить такие процессы как составление технического задания и планирование закупок. Также на рис.3 указано несколько хранилищ данных.

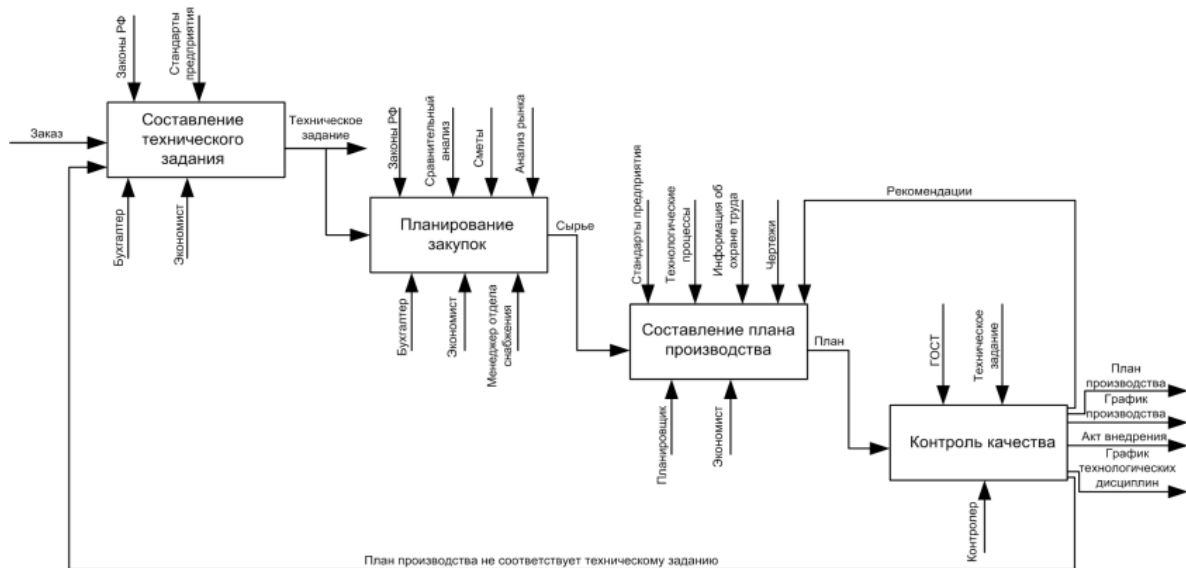


Рис.2 - Декомпозиция контекстной диаграммы информационной системы управления заказами ООО ПК «НЭВЗ»

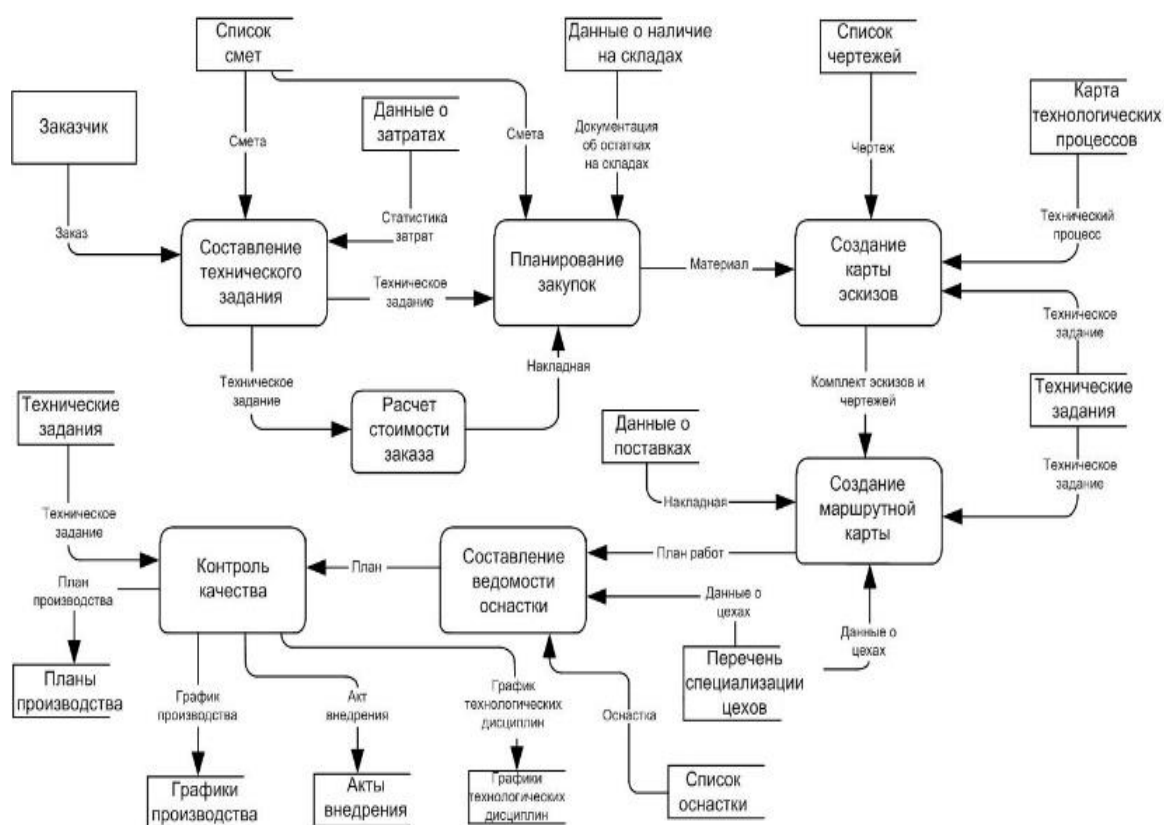


Рис. 3 - Диаграмма потоков данных информационной системы управления заказами ООО ПК «НЭВЗ»

Для алгоритмизации основных бизнес-транзакций в программной среде *1С* использована диаграмма деятельности [2]. Данные диаграммы применяются при моделировании бизнес-процессов, технологических процессов, последовательных и параллельных вычислений. Она представлена на рис.4.

Рассмотрим диаграмму деятельности применительно к информационной системе управления заказами ООО ПК «НЭВЗ». На первом этапе поступают данные от сторонней организации, после чего определяется есть ли заказанное изделие на складе или нет. Второй этап начинается с планирования закупок на основании данных о наличии на складах нужного материала. Третий этап включается в себя несколько функций, объединённых одной целью – созданием плана производства заказанного изделия. На последнем четвертом этапе производится контроль качества произведенного изделия.

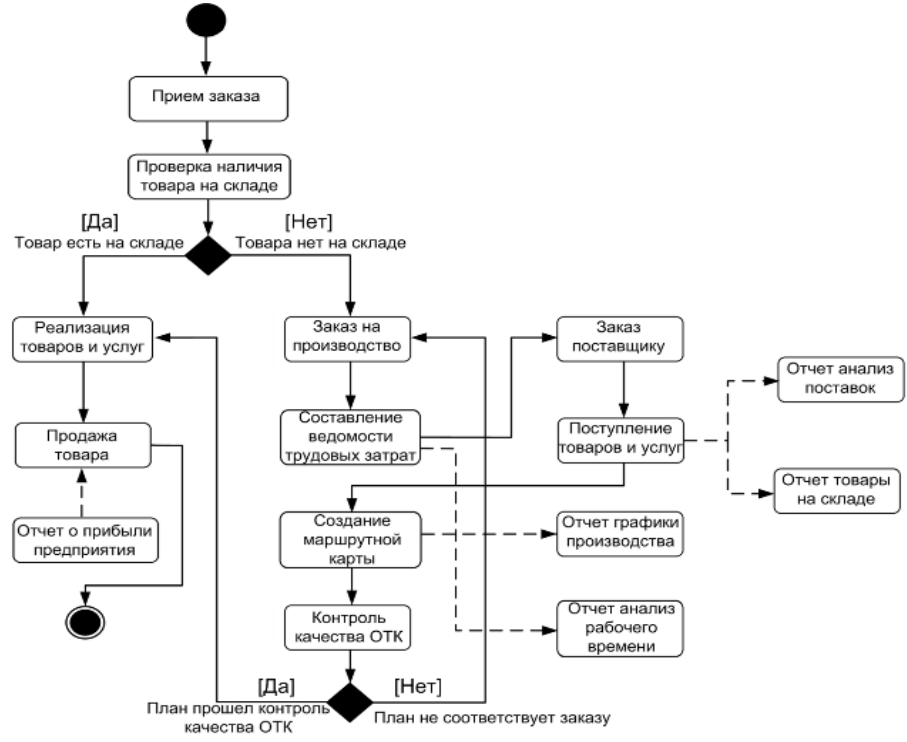


Рис. 4 - Диаграмма деятельности информационной системы управления заказами ООО ПК «НЭВЗ»

Для построения документальной модели данных была выбрана диаграмма классов языка *UML* [4]. Основной структурной единицей этой диаграммы является класс, с помощью которого может быть эффективно отражен прикладной объект. Принадлежность прикладного объекта к тому или иному прототипу отражается с помощью одного из механизмов языка *UML* – стереотипов класса (<<Документ>>, <<Справочник>>, <<Отчет>>, <<Перечисление>> и другие). Стереотипы обеспечивают классификацию прикладных объектов на уровне объектной модели по принадлежности к predetermined платформой прототипам. Диаграмма классов информационной системы управления заказами ООО ПК «НЭВЗ» изображена на рис.5. В ней используются объекты разных классов: документы, отчеты, справочники, регистры накопления и перечисления. Далее представлен перечень объектов каждого класса. Документы: «заказ на производство», «выпуск готовой продукции», «заказ поставщику», «поступление товара и услуг», «заказ покупателя», «реализация товаров и услуг». Отчеты: «анализ поставок», «ведомость товары на сладе», «график производства», «отчет о прибыли организации». Справочники: «банки», «банковские счета», «валюты», «виды номенклатуры», «договоры контрагентов», «единицы измерения», «классификатор единиц измерения», «контрагенты», «номенклатура», «организации», «регионы», «склады», «типы цен номенклатуры», «подразделение».

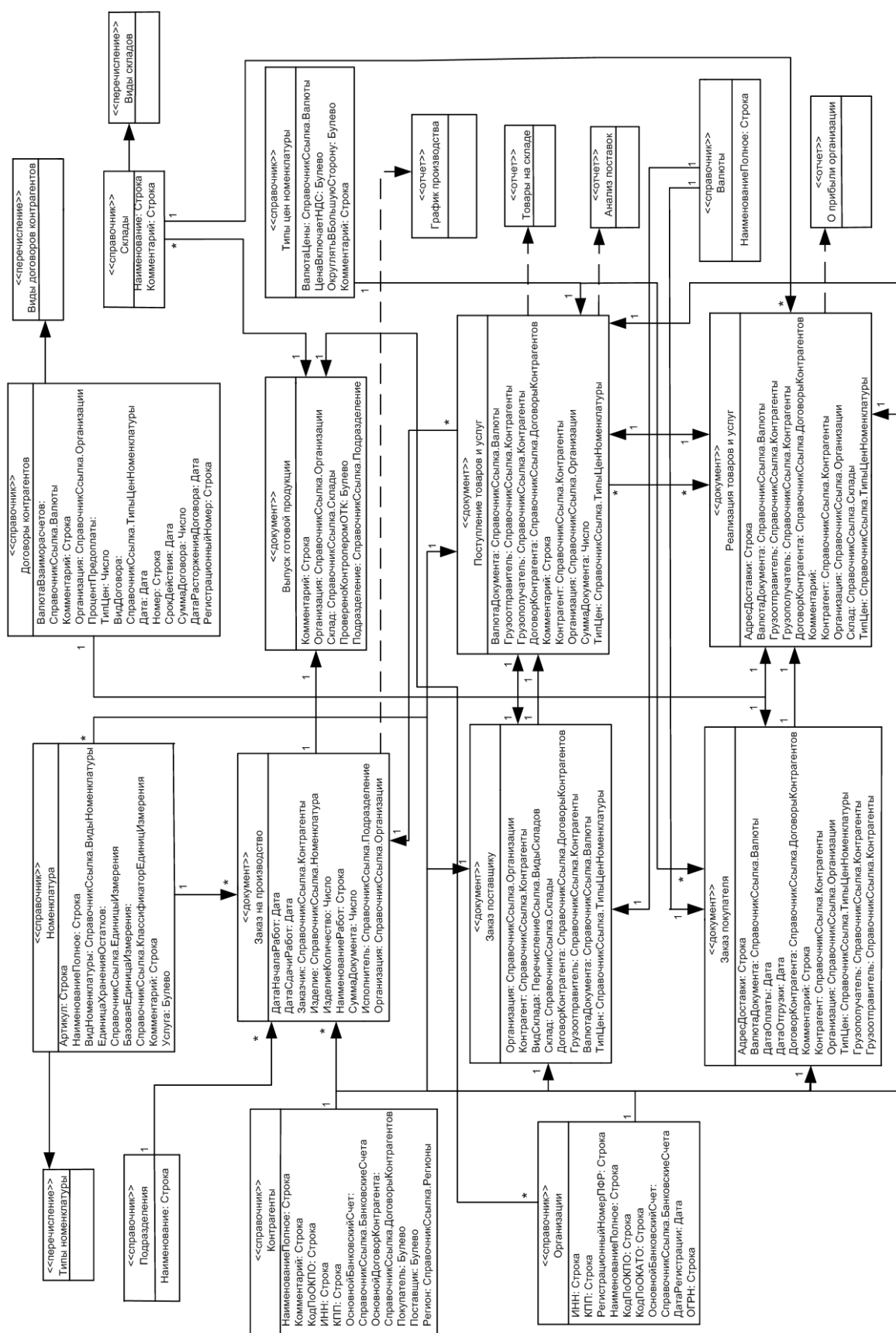


Рис. 5 – Диаграмма классов информационной системы управления заказами в составе АСУП ООО ПК «НЭВЗ»

Регистры накопления: «заказы на производство», «заказы поставщикам», «товары на складах», «заказы покупателей». Перечисления: «виды договоров контрагентов», «ставки НДС», «виды складов», «типы номенклатуры».

Список использованной литературы:

1. Нотация *IDEF0* [Электронный ресурс] – URL: <http://www.businessstudio.ru/wiki/docs/v4/doku.php/ru/csdesign/bpmodeling/idef0> (Дата обращения: 01.01.2018)
2. Новиков Ф.А. Анализ и проектирование на *UML*: Санкт-Петербург, 2007. – 287 с.
3. ООО ПК «НЭВЗ» [Электронный ресурс] – URL: <http://www.nevz.com> (Дата обращения: 20.05.2017)
4. Диаграмма классов [Электронный ресурс] – URL: <http://www.uml2.ru/forum/index.php?topic=220.0> (Дата обращения: 01.01.2018)

© А.О. Коваленко, В.Н. Ковалевский, 2018

УДК 004.415.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АБОНЕНТСКОГО ОТДЕЛА ТИПОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В.А. Халимов, e-mail: grrenvich@mail.ru,

В.Н. Ковалевский, e-mail: don-server@mail.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В данной работе рассматриваются проектные решения по реализации информационной системы (ИС) абонентского отдела типового предприятия водоснабжения, показана актуальность и основные направления построения системы, представлены модели в нотации и диаграммах языка *UML*. Так в документальной модели - диаграмме классов собрана вся необходимая информация о структуре и наполнении баз данных ИС. На основе задач и целей проектирования построены различные схемы: функциональная структура предприятия, матричная модель функциональной ответственности. Приведен пример реализации описанной системы в виде пользовательского интерфейса, экранных форм и отчетов на базе платформы «1С: Предприятие 8.3». Также описан принцип работы системы и состав модулей, из которых состоит конечный продукт.

Ключевые слова: проектирование систем, предприятие водоснабжения, абонентский отдел, *UML*-моделирование, документальная модель, информационные системы, диаграмма, платформа «1С:Предприятие 8.3».

MODELING OF INFORMATION SYSTEM OF SUBSCRIBER DEPARTMENT OF MODEL WATER SUPPLY ENTERPRISE

V.A. Halimov, V.N. Kovalevskiy

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

In this operation project decisions on implementation of the information system (IS) of subscriber department of the standard enterprise of water-supply are considered, the relevance and the main directions of creation of system is shown, models in a notation and charts of the *UML* language are provided. So in documentary model - the class diagram all necessary information on structure and filling of the ICs databases is collected. On the basis of tasks and the purposes of design different diagrams are constructed: the functional structure of the enterprise, matrix model of the functional responsibility. The example of implementation of the described system in the form of the user interface, screen forms and reports on the basis of the platform "1C is given: Enterprise 8.3". The principle of system operation and composition of modules of which the final product consists is also described.

Keywords: design of systems, enterprise of water-supply, subscriber department, UML simulation, documentary model, information systems, chart, platform "1C:Enterprise 8.3.

Коммунальные услуги важная и объемная часть предоставляемых государством услуг. На данный момент они нуждаются в эффективном и качественном содержании, которое может быть обеспечено автоматизацией информационных процессов ЖКХ. Одними из самых необходимых услуг, оказываемых физическим и юридическим лицам, являются водоснабжение и водоотведение. Количество пользователей этих услуг растёт с каждым годом, поэтому объемы информации, поступающие в соответствующие предприятия резко увеличиваются. Они требуют других технологий хранения и обработки информации в отличие от использования электронных таблиц [1]. Исходя из этого, в данной работе рассматриваются аспекты проектирования типового предприятия водоснабжения, в частности моделирование информационной системы (ИС) на примере МУП "Горводоканал" г.Новочеркаска [2].

Основными целями создания данной системы являются:

- уменьшение времени обслуживания абонентов при оплатах услуг по водоснабжению и водоотведению;
- повышение эффективности работы персонала абонентского отдела за счет введение общей базы клиентов и составления различных отчетов;
- обеспечение безопасности хранения информации за счет резервного сохранения копий баз данных (БД);
- сокращение издержек предприятия за счет ухода от ручного расчета сумм оплат в сторону автоматического расчета на базе алгоритмов программы.

Началом проектирования ИС является разработка функциональной структуры абонентского отдела предприятия, которая включает в себя следующие функции:

- внесение норм, тарифов и типов водоснабжения: заполнение справочников информационной системы метаданными;
- составление картотеки абонентов: внесение новых пользователей со всеми надлежащими данными;
- начисление к оплате и расчет стоимости услуги: основная платежная операция, которая осуществляется как индивидуально для каждого абонента, так и по домам, участкам;
- оплата водоснабжения и отведения: функция оплаты услуг со стороны абонента;
- заполнение заявки на замену прибора учета (ПУ): заявка на поверку прибора учета либо его замену, если он неисправен;
- проведение акта о замене ПУ: формирование документа, отражающего данные о состоявшемся процессе замены ПУ;
- выдача квитанции об оплате: формирование квитанции по оплате услуг водоснабжения и водоотведения;
- отчет об оплатах каждого абонента: формирование отчета об оплатах за месяц, полного перечня оплат каждого абонента за весь операционный период.

Схема функциональной структуры предприятия представлена на рис.1.

В функционале абонентского отдела задействованы ряд сотрудников: оператор ИС/штатный работник абонентского отдела, инженер, бухгалтер.

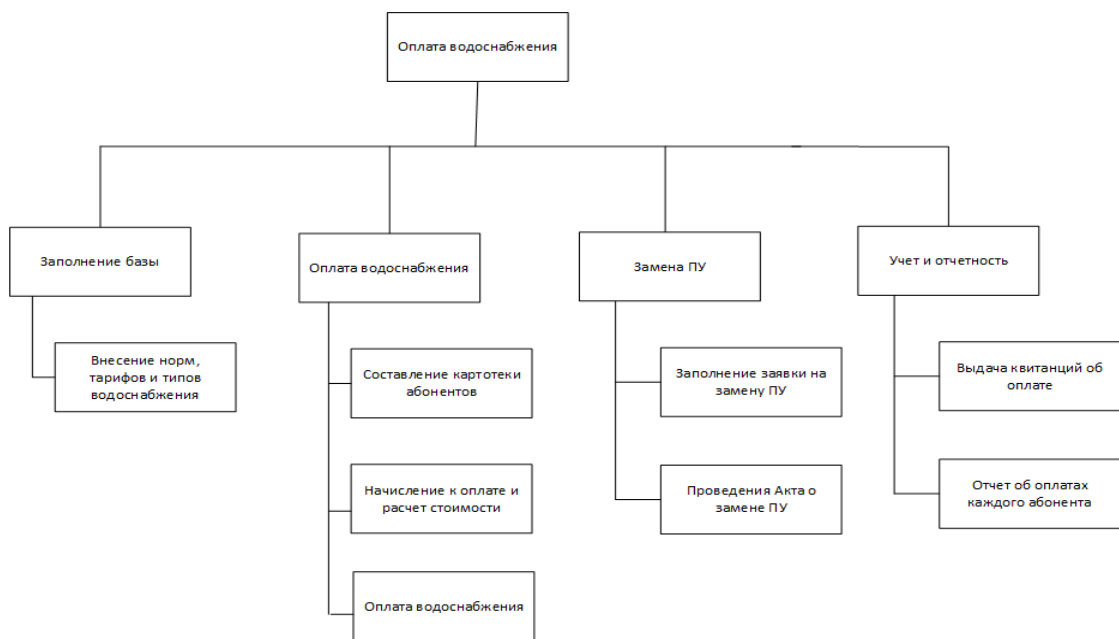


Рис. 1 -Схема функциональной структуры абонентского отдела предприятия

Для того, чтобы наглядно показать какие действия совершает каждый человек из персонала, была создана матричная модель функциональной ответственности, представленная в таблице 1.

Таблица 1 – Матричная модель функциональной ответственности

Элементы функциональной структуры	Элементы функциональной структуры		
	Сотрудник абонентского отдела	Инженер	Бухгалтер
Заполнение базы	+	+	
Оплата водоснабжения	+		
Учет и отчетность	+		+
Расчет и оплата пени	+		
Составление акта о замене ПУ	+	+	
Отчет об оплатах абонентов			+

На основе системного анализа процесса функционирования абонентского отдела типового предприятия водоснабжения была разработана документальная модель данных ИС, которая представлена на рис.2 [3]. Эта модель использует программные средства платформы «1С: Предприятия», в которой структура прикладного решения определяется составом объектов конфигурации и взаимосвязями между ними. Под объектами конфигурации понимаются средства «1С: Предприятия», предназначенные для отражения реальных сущностей и явлений предметной области. Платформа «1С:Предприятие 8.3», предоставляет обширный набор внутренних объектов конфигурации [4].

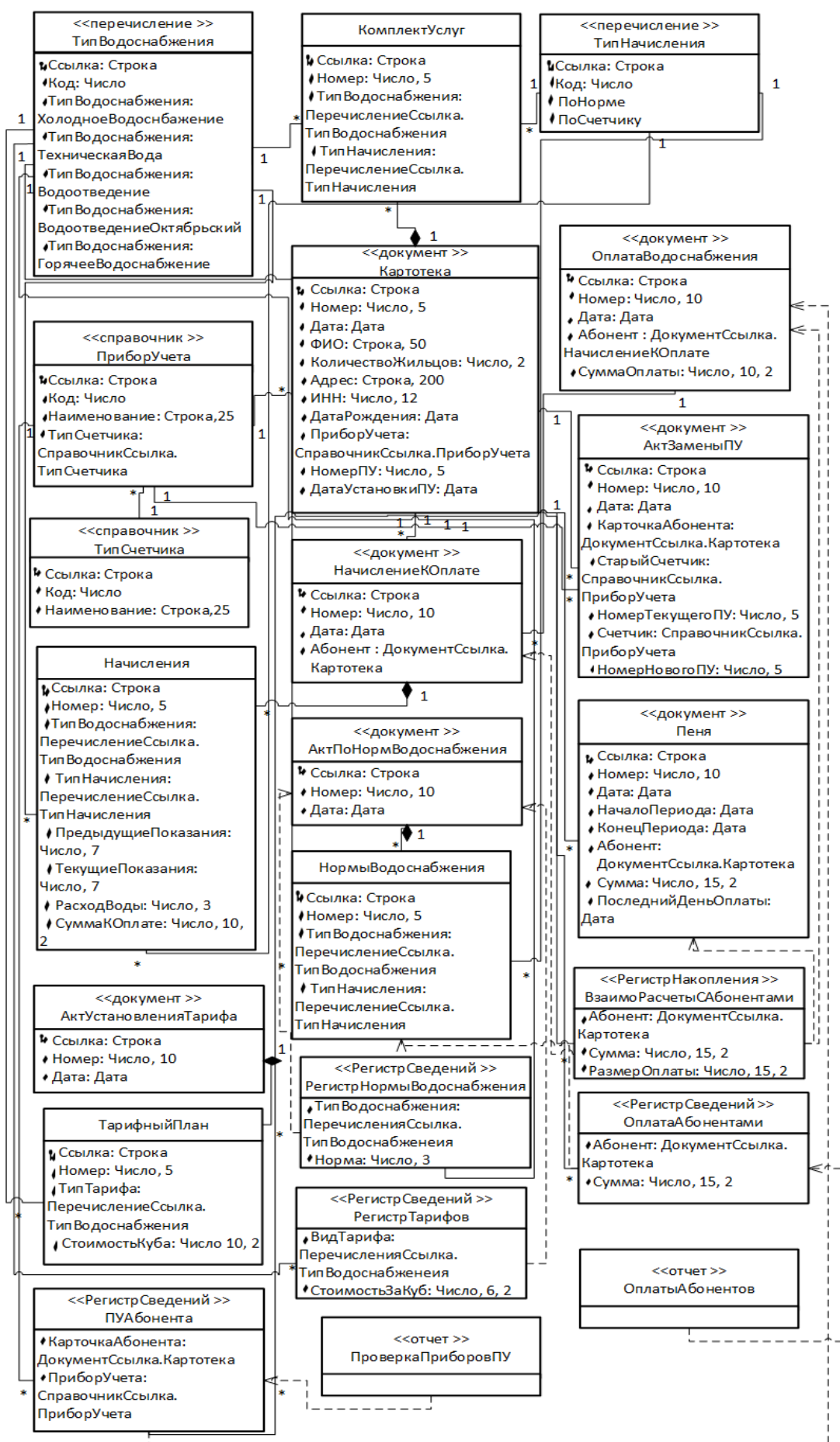


Рис. 2 - Диаграмма классов информационной системы

Данные объекты отражены ниже:

- справочники: в них содержится условно-постоянная списковая информация, например, список тарифов, список норм водоснабжения и водоотведения;
- перечисления: представляют собой жестко заданный список, из которого пользователи могут выбирать информацию, но не могут этот список изменять;
- документы: служат для ввода информации о фактах хозяйственной деятельности предприятия;
- регистры сведений: предназначены для хранения справочной информации в разрезе определенных разработчиком измерений;
- регистры накопления: предназначен для накопления числовых показателей.

Интерфейс пользователя ИС также выполнен на основе платформы «1С:Предприятие 8.3». Он позволяет персоналу абонентского отдела в полной мере пользоваться всеми операциями системы, включая работу со справочниками, регистрами, накопительными документами, отчетами и т.д.

Работа с информационной системой начинается с заполнения всех справочников, картотеки абонентов, настройки отчетов. Сотрудники абонентского отдела обязаны раз в месяц сверять данные о тарифах, нормах водоснабжения и водоотведения, ценах на оплату воды и канализации. Также они постоянно должны корректировать данные по абонентам при их изменении.

Рассматриваемое приложение ИС было реализовано в виде клиент-серверной архитектуры. Его элементы интерфейса представлены на рис.3-5. Оно является типовым и может быть использовано, например, для автоматизации абонентского отдела МУП «Горводоканал» города Новочеркасск.

← → ☆

Картотека 000000006 от 30.05.2017 9:26:34

Провести и закрыть

Записать

Провести

Проверка ПУ

Номер:

000000006

Дата:

30.05.2017 9:26:34

ФИО:

Касьян Матильда Федорова

Количество жильцов:

3

Адрес:

ул. Троицкая, 67

ИНН:

434 435 553 318

Дата рождения:

05.11.1953

Прибор учета:

ZENNER

Номер ПУ:

24 543

Дата установки ПУ:

10.05.2017

Добавить

N	Тип водоснабжения	Тип начисления
1	Холодное Водоснабжение	По счетчику
2	Горячее водоснабжение	По счетчику
3	Водоотведение	

Рис. 3 - Пользовательский интерфейс документа «Картотека»

Таким образом, результатом проделанной работы стала документальная модель информационной системы абонентского отдела типового предприятия водоснабжения, интерфейс приложения, с помощью которого персонал отдела сможет поднять качество обслуживания абонентов на новый уровень. За счет введение общей абонентской базы была ускорена и упрощена работа пользователей.

← →

★ Начисление к оплате 000000006 от 30.05.2017 10:43:21

Провести и закрыть

Записать

Провести

Расчитать

Еще

Номер: 000000006

Дата: 30.05.2017 10:43:21

Абонент: Карточка 000000006 от 30.05.2017 9:28:34

Добавить

Еще

N	Тип начисления	Тип водоснабжения	Предыдущие показания	Текущие показания	Расход воды	Сумма к оплате
1	По счетчику	Холодное водоснабжение	30	39	9	344,88
2	По счетчику	Горячее водоснабжение	27	38	11	495,00
3		Водоотведение				612,20

Рис. 4 - Экранная форма документа «Начисление к оплате», расчет по счетчику

КВИТАНЦИЯ ОБ ОПЛАТЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Счет за 30.05.2017 11:12:09

ул. Троицкая, 67

Количество проживающих 3

Вид услуг	ед. изм	Начисление на текущий период	Предыдущие показания	Текущие показания
Холодное во м³		344,88	30	39
Горячее вод м³		495	27	38
Водоотведен м³		612,2		
		Долг на начало периода 0		Итого 1 452,08

Рис. 5 - Печатная форма квитанции об оплате

Также система предоставила полную автоматизацию процессов оплаты водоснабжения и водоотведения абонентами от расчета до выдачи квитанции, процессов замены приборов учета, процессов расчета и оплаты пени при возникновении задолженности со стороны абонентов и т.д. Более того, информационная система помогает в работе и других отделов, предоставляя, например, бухгалтерам и руководству предприятия полный отчет по абонентским начислениям и оплатам, различные статистические данные. Внедрение такой системы позволит повысить эффективность работы абонентского отдела в значительной степени.

Список цитируемой литературы

- Ковалевский В.Н. Концепции и вопросы проектирования информационных систем абонентского обслуживания населения для предприятий водоснабжения и водоотведения // Теория, методы проектирования, программно-техническая платформа корпоративных информационных систем: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. [на обороте тит. л.: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф.], г. Новочеркасск, 5 июня 2012 г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ) - Новочеркасск : ЮРГТУ (НПИ), 2012. - С. 114-125.
- МУП «Горводоканал» г.Новочеркасск [Электронный ресурс]– URL:<http://www.gorvodokanal-novoch.ru> (Дата обращения: 24.05.2017);
- Черноморов Г.А. Базы данных в среде промышленных СУБД Новочеркасск: ЮРГТУ, 2006;
- Методические материалы для слушателя сертифицированного курса «Введение в конфигурирование в системе «1С:Предприятие 8». Основные объекты». Февраль, 2012 – 112 с.

© В.А. Халимов, В.Н. Ковалевский, 2018

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ ОНТОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

***В.Е. Романенко, valer.rom@mail.ru, В.А. Мохов, mokhov_v@mail.ru,
А.К. Шумилов, aleksandr.shumilov.1994@mail.ru, Е.К. Яркин, Yarkin_e@mail.ru***

Южно-российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И Платова, г. Новочеркасск

В данной статье рассматривается актуальная задача эффективной организации транспортной системы, в частности мультимодальных грузовых перевозок и связанная с этой задачей проблема прогнозирования состояния и развития предприятий транспортной логистики. Для решения этой задачи предлагается использовать инструменты одного из наиболее перспективных направлений – онтологического моделирования предметной области и разработка на его основе информационной системы, позволяющей в рамках единого процесса анализировать взаимосвязанные разномасштабные объекты. Онтологический подход комплексного исследования транспортно-логистических систем (предприятий) позволяет описывать задачи мультимодальной перевозки на основе общей предметной терминологии, использовать для построения онтологии элементы из самых разнообразных источников информации, оперативно добавлять новые понятия за счет свойств расширяемости, а также формировать запросы по состоянию и развитию производственных процессов системы (предприятия).

Ключевые слова: мультимодальная транспортная система, информационные технологии, онтологическая модель

DIAGNOSIS OF A CONDITION AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF MULTIMODAL TRANSPORT SYSTEMS BY MEANS OF ONTOLOGICAL MODELS

V.E. Romanenko, V.A. Mokhov, A.K. Shumilov, E.K. Yarkin

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

This article considers the actual problem of efficient organization of the transport system, in particular multimodal freight transportation and associated with this task is the problem of predicting the condition and development of enterprises of a transport logistics. To solve this problem is proposed to use the tools of one of the most prospectstion directions – ontological domain modeling and development on its basis of the information system in the framework of a single process to analyze the interrelated objects of different scales. Ontological approach to the integrated study of transport and logistics systems (of enterprises) allows to describe tasks multimodal-term transportation based on shared subject terminology to use to build the ontology elements from a variety of sources of information to quickly add new concepts due to the properties of extensibility, as well as generate queries for the condition and development of production processes of a system (enterprise).

Keywords: multimodal transport, information technologies, ontological model

Введение

Для успеха работы предприятий транспортной логистики необходимо полное понимание структуры бизнес-процессов в цепочках поставок [1, 2]. Это справедливо как в науке, так и в оперативной практике. При этом, чисто количественные критерии успеха доминирующие в настоящее время в бизнес-среде не позволяют использовать в полной мере возможности интеллектуальных систем. Акценты на изолированные количественные показатели при решении оптимизационных (диагностических) задач далеки от достижения реальной эффективности работы предприятия. Этот подход можно охарактеризовать как управление данными, в первую очередь оперативными, сосредоточенными на ограниченных количественных целях и разработанными для конкретных бизнес-критериев [3, 4].

Недостатки распространенных методик моделирования проявляются в области построения моделей бизнес-процессов. Многие предназначенные для этой цели нотации и фреймворки априорно задают такой объем упрощений и ограничений, что реальное управление деятельностью предприятия на основе построенных моделей оказывается практически невозможным [5].

Рассмотрим альтернативный подход к управлению перевозками и добавим некоторые качественные и логические факторы. Эти логические факторы расширяют подход к управлению цепями поставок и, хотя и косвенно, повышают конкурентоспособность и капитализацию предприятия.

Качественные и логические факторы на самом деле не могут быть адекватными однако представленные простыми показателями эффективности и соответствующими данными о бизнес-процессах, требуют более сложных когнитивных структур. Эти структуры обычно обозначаются как знания или системы, основанные на знаниях, компонентом которых являются онтологии, а их реализация базируется на мультимедийных технологиях [6].

Для нашего подхода к управлению цепями поставок помимо управления данными требуется управление знаниями. Базовая форма предлагаемого управления использует интеллектуальные инструментальные средства, позволяющие воспроизвести в цифровом представлении те информационные структуры и процессы, которые мы сами используем в процессе мышления: понятийный аппарат, логические рассуждения. Если мы сможем реализовать процессы обработки этих структур, то есть имитировать на компьютере отдельные фрагменты наших когнитивных способностей и после этого, получив определенные результаты, можем критически посмотреть на смоделированные структуры и процессы, и улучшить их. В сочетании с недоступной человеку способностью вычислительных машин к быстрой обработке огромных объемов информации, такой подход обещает дать небывало высокий уровень качества поддержки принятия решений со стороны информационных систем [7].

Интеллектуальные системы в мультимодальных перевозках

Для обеспечения эффективной доставки грузов предприятия получают выгоду от двух или более видов транспорта, а именно: выполнением мультимодальной перевозки. Мультимодальные перевозки - это перевозки, выполняемые как минимум двумя различными видами транспорта. Предприятия, осуществляющие мультимодальные перевозки должны быть более кооперативными, иметь хорошее и современное перегрузочное оборудование и новые интегрированные ИТ-системы. Обеспечение качества транспортных услуг для грузоотправителей требует также разработки и использования современных инфотелекоммуникационных технологий.

Центральным элементом мультимодальных грузовых перевозок является грузовой терминал или склад временного хранения (СВХ). Учет взаимодействия подсистемы транспортного терминала можно описать с точки зрения входящих транспортных потоков и инфраструктуры подсистемы. Взаимодействие двух и более видов транспорта в терминале проявляется в пяти основных формах - юридической, технической, технологической, экономической, информационной.

Нормативно-правовые акты указывают на обязательства, права и обязанности всех пользователей транспортных услуг; определяют условия перевозки грузов.

Техническая форма - обеспечивает согласованное размещение оборудования в терминале, а также функциональное соединение однородного оборудования.

Технологическая - утверждает, что технологическое взаимодействие возможно

при соблюдении следующих требований: преобладание единства технологии и стандартизации технологических норм; согласование графиков работы различных видов транспорта и планирование сложных работ в терминале [8].

Экономическая - определяет окончательный выбор режима работы различных видов транспорта. Расходы, связанные с повышением производительности, могут рассматриваться как инвестиции, так как текущие расходы должны компенсировать прибыль в будущем.

Информационная составляющая - координирует информацию на основании формы и времени подачи транспорта под погрузку-разгрузку.

Таким образом, при интеграции, информационные системы позволяют исследовать состояние современных терминалов и взаимодействие видов транспорта. Общие информационные системы позволяют анализировать закономерности формирования транспортного потока, а также совершенствовать методологии расчетов транспортного планирования и прогнозов на будущее транспортных предприятий. Мульти-модальная система, состоящая из нескольких видов транспорта является более целесообразной, где недостатки одного режима работы компенсируются другим. Более удобно использовать такие системные услуги, с помощью которых проблемы бизнеса могут быть решены с точки зрения системного анализа [9].

Поскольку большинство транспортных процессов расширяются и требуют создания новых информационных связей, все более популярными становятся интегрированные логистические информационные системы [10]. Информационные системы получили широкое распространение в интермодальных и мультимодальных перевозках. Чем сложнее становится хозяйственная деятельность, тем более возрастает роль каналов сбыта и тем яснее становится необходимость в усовершенствовании методов перевозки и обработки грузов. Для грузоотправителя и грузополучателя крайне важно знать местонахождение груза и суть возникшей проблемы с ним. И информирование всех участников логистического процесса точно и в срок, является наиважнейшей задачей информационных систем.

Современные информационные технологии, такие, например, как системы поддержки принятия решений, экспертные системы и другие, обеспечивают возможность для эффективного анализа технико-экономических проектов, моделирования технологических процессов, подготовки и представления результатов для последующего принятия решений. Применение современных информационных технологий позволяет повысить эффективность доставки грузов за счет возможности быстрого доступа к информации о субъектах (покупатель, перевозчик, терминал) и объектах (товары, услуги) доставки.

Онтологии для мультимодальных перевозок

Разработка онтологий для логистических соответствующих доменов еще не продвинулась далеко. До сих пор онтологии, к сожалению, представлены как разрабатываемые, как правило, для ученых и инженеров, которые не совсем точно понимают тонкие различия в бизнес-терминологии [11].

Специально для области сложной международной логистики проекты управления цепочками поставок на сегодняшний день отсутствуют приемлемые онтологии с точки зрения науки управления. Таким образом, одна из основных целей данной работы состоит в построении онтологии, предназначенной для вышеупомянутого домена. Транспортно-логистические предприятия при данном подходе к управлению могут получить дополнительный доход за счет конкурентных преимуществ [12, 13].

Понятие «Онтология» используется специалистами в области искусственного интеллекта с 1991 года, когда Т. Грубер дал ему определение «эксплицитная спецификация концептуализации» [14, 15], хотя можно утверждать, что неявно оно уже использовалось выдающимися учеными прошлого, такими как Г. Фреге, Р. Декарт, Ч. Ломброзо, К. Дж. Хант, Ч. Чэн, которые создали базовый инструментарий для структурирования предметных областей (ПрО).

Говоря о предметной области «Мультимодальные перевозки» необходимо опираться на принятые в данной ПрО понятия и элементы. Мультимодальная перевозка рассматривается авторами как система, состоящая из грузоотправителя, грузополучателя, экспедитора (мультимодального оператора), перевозчиков и терминалов, связанных между собой информационными и материальными потоками [16, 17].

Кроме терминологического словаря онтология содержит то, что отличает ее от других направлений анализа и структурирования информации – логические отношения между терминами. Эта особенность онтологий позволяет не просто накапливать информацию, а обрабатывать структурированные знания, обобщать, анализировать, сравнивать [18, 19] и формализовать опыт деятельности в отдельных предметных областях, в частности, транспортно-логистических предприятий [20].

Международный опыт разработки и создания онтологий представлен онтологией планирования и организации мультимодальных перевозок, где принимается в качестве отправной точки ранее разработанная онтология организации «Озона», которая обеспечивает общую основу для разработки моделей доменов планирования. В ней расширяется эта основная структура по мере необходимости, чтобы охватить основные характеристики и ограничения планирования мультимодальных перевозок а затем использовать эти расширенные рамки (фреймы) для разработки концепций, имеющих особое значение для организации транспортирования. Основной целью этой модели было определение репрезентативной структуры и онтологической основы комплексного моделирования и решения задач планирования и организации мультимодальных перевозок [21].

Отечественный опыт может быть представлен разработкой онтологии для предприятий технического сервиса в агропромышленном комплексе [22], а также для информационных систем предприятий нефтяной отрасли [23].

Результаты онтологического моделирования

Согласно данным Росстата, грузооборот автомобильного транспорта с января по август 2017 года составил 153,6 млрд. км/тонн, что на 4,2% выше, чем было зафиксировано в аналогичном периоде прошлого года. Так перевозки грузов автотранспортом в августе 2017 года составили 507,7 млн. тонн или 102,2% к августу 2016 года и 104,8% к июлю 2017 года. Несмотря на то, что автомобильные отправления в общей структуре грузоперевозок по данным Росстата, уже занимают лидирующее место (более 65%), они имеют тенденцию к росту. Этому, прежде всего, способствует уменьшение среднего размера грузовых отправок, что позволило перевозчикам «перетянуть» клиентов у конкурирующих компаний, в том числе железнодорожных операторов. Кроме того, многие компании в последнее время стали более внимательно следить за расходами на логистику, поэтому чаще используют на средних и дальних направлениях магистральный автотранспорт и принцип мультимодализма. Другие виды транспорта - железнодорожный и морской также увеличили объем перевозок.

Что касается мультимодальных перевозок, то можно, прежде всего, анализировать контейнерные перевозки различными видами транспорта. Самый дешевый спо-

соб контейнерных перевозок осуществляется железнодорожным и морским транспортом. Таким образом, одной из основных целей данной работы состоит в построении онтологий, которые предназначены для вышеупомянутого домена.

На рисунке 1 ниже представлена онтология в виде графа с вершинами и направленными ребрами (OWL-диаграмма.) Узлы представляют собой понятия (концепты) ММП языковое выражение которых необходимо для артикуляции знаний из вышеупомянутого домена.

Направленные ребра представляют некоторые из таксономических (“является”) и не таксономических отношений, которые являются типичными для поддержания зависимостей между этими языковыми средствами выражения.

В качестве инструментария для построения обобщенной модели перевозки грузов, используем довольно широко распространенную, находящуюся в свободном доступе программу Protégé [24]. В программу заносятся данные о перевозке, то есть грузополучатель, его фирму и наименование, адрес, а так же тоже самое, относительно покупателя или получателя. Все данные о грузе, и его перевозчиках, каждом из них который, будет принимать участие в доставке, это может быть и перевозчик одного вида транспорта, а могут быть и перевозчики авиа, морского, железнодорожного и автомобильного транспорта. Так же мы должны указать места перегрузки груза, с одного вида транспорта на другой, то есть это склад временного хранения, которых может быть несколько. Отдельно указываются данные о экспедиторе, который занимается всем процессом доставки. В программу вносятся и вся документация, которая необходима, для осуществления доставки, контракт на поставку товара, договор на организацию перевозки, страхование груза. Таким образом заносятся и остальные данные, которые необходимы для построения модели.

Для построения универсальной модели, необходимо указать всех участников перевозки, заказчика, получателя, экспедитора, перевозчика, однако, их число может варьироваться, в зависимости от перевозки, это необходимо учитывать. Также вносим данные о перевозчике, всех видах транспорта и учитываем, что их может быть более одного. Основным классом в нашей модели является «Мультимодальная перевозка».

Создание модели начинается с указания основных компонентов мультимодальной перевозки. Так как, мы создаем универсальную модель, то важно внести возможность устанавливать количество участников грузоперевозки, получателей, перевозчиков – $(0...n)$. Таким образом, при создании модели, возможно указать количество участников.

В представленной онтологии основные участники перевозки, взаимодействуют между собой, как показано на рисунке 1. При организации перевозки, основные действующие лица, это «Грузополучатель», то есть заказчик; и «Грузоотправитель» - продавец, который заинтересован в сбыте своего товара и зачастую, он организует и доставку своего товара покупателю, но для организации мультимодальной перевозки нанимает «Экспедитора», который и будет заниматься построением маршрута, выбором перевозчиков, подвижного состава, оформлением всей документации.

На графически представленной модели, мы видим взаимосвязь между основными четырьмя участниками процесса перевозки (их может быть и больше). Так же мы видим, какие участники и с кем, заключают контракты и договоры, для организации процесса доставки. Следует отметить, что все пункты, которые подразумевают под собой, данные, имеют подразделы-поля для заполнения.

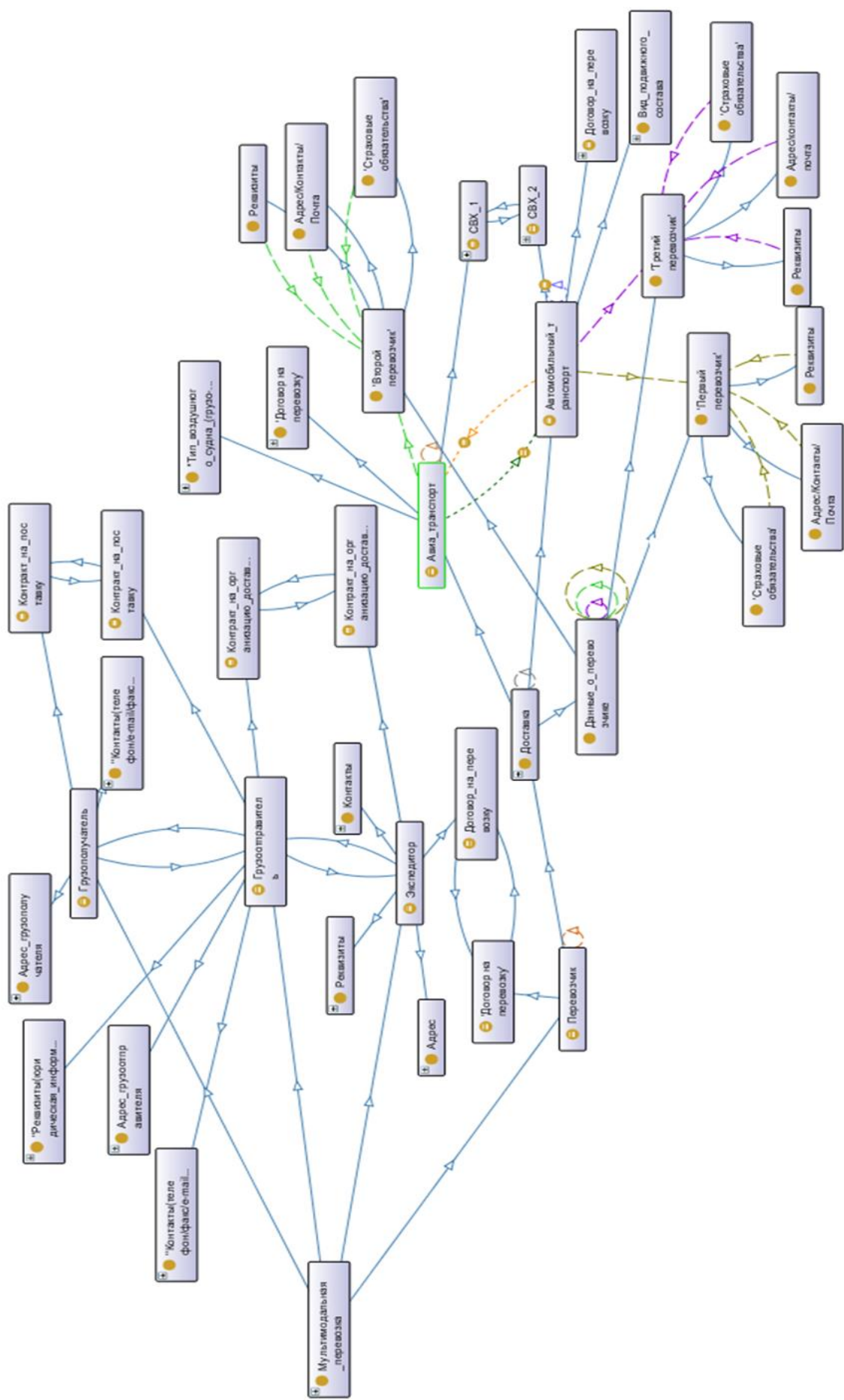


Рис. 1 – Онтологическая модель технологического процесса ММП

То есть составляя модель, мы можем указывать все данные о грузе, адреса и контакты участников перевозки, реквизиты, краткую информацию о контрактах и договорах, а также о виде транспорта, номере этапа (какой по счету этап перевозки) и данные о складах временного хранения, на которых пребывает груз, во время перегрузки с одного вида транспорта на другой и т.д.

В часть модели «Доставка», включены все виды транспорта, которые могут участвовать в мультимодальной перевозке груза. Как и говорилось выше, при моделировании конкретной мультимодальной доставки груза, мы можем указать тип подвижного состава, на каждом транспорте и номер этапа перевозки.

Во время перегрузки груза, то есть смены вида транспорта, груз остается на складе временного хранения. Склад общий для разных видов транспорта и его перегрузочное оборудование обеспечивает перегрузку, например, с судна, на автомобильный транспорт, поэтому каждый вид транспорта может взаимодействовать друг с другом. Это взаимодействие отображено на рисунке 1.

Выводы

В этой статье авторы разработали онтологическую модель предметной области, с особым акцентом на проблемах мультимодальных перевозок грузов, с которыми сталкиваются в России. Исследование ряда современных онтологий и усилий по развитию представления общего плана, требований этого и других проблем организации транспортировки привели нас к разработке модели онтологии в качестве базовой онтологии деятельности логистического предприятия. Эта онтологическая база использовалась для разработки основных понятий области организации и планирования транспортировки, включая потребности в перевозках, транспортные услуги, транспортную деятельность, транспортные ресурсы и планирование перевозок, а также ограничения по расписанию. При разработке этих основных понятий мы имеем достаточно большую базу, однако, наша главная цель не произвести исчерпывающий домен онтологии, но скорее для определения репрезентативной структуры и онтологии как основы комплексного моделирования и решения проблемы организации мультимодальных перевозок и планирования деятельности транспортно-логистического предприятия. Что, как ожидается, может привести к повышению конкурентно способности и капитализации предприятия.

Список цитируемой литературы

1. Мохов В.А. Системный анализ подходов к моделированию технологических процессов // Результаты исследований – 2016: материалы II Национальной конференции профессорско-преподавательского состава и научных работников, г. Новочеркасск, 25–26 мая 2016 г. / Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2016. – С. 92-93
2. Мохов В.А. Системный анализ и онтологический инжиниринг // Результаты исследований – 2015: материалы I Национальной конференции профессорско-преподавательского состава и научных работников, г. Новочеркасск, 25–26 мая 2015 г. / Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2015. – С. 82-84
3. Мохов В.А., Гринченков Д.В. Онтологическое моделирование как средство борьбы с информационным мусором // Фундаментальные основы инженерного образования в России : материалы национальной научно-практической конференции / Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2017. – С. 83-89

4. Jarašūnienė A., Batarlienė N., Vaičiūtė K. Application and Management of Information Technologies in Multimodal Transportation // *Procedia Engineering*. – 2016. – Т. 134. – С. 309-315.
5. Сергей Горшков. Введение в онтологическое моделирование // ООО «ТриниДата», 2014-2016
6. Базы знаний интеллектуальных систем/ Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
7. А. Б. Столбов, Л. Г. Нгуен, Информационная система поддержки исследований в инфраструктурной логистике, Программные системы: теория и приложения, 2015, том 6, выпуск 3, С.3–20
8. Левкин Г. Г. Организация интермодальных перевозок: конспект лекций / Г. Г. Левкин. – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2014. – 178 с.
9. В.С. Никифоров. Мультимодальные перевозки и транспортная логистика. Учебное пособие. НГАВТ. Новосибирск, 1999. - 103 с.
10. Столяр Е. Система управления транспортировкой: Управление транспортировкой в цепях поставок // *Логистика и управление цепями поставок-2012*. – 01 (48) – С. 66
11. Рогушина Ю.В. Использование онтологической модели при семантическом поиске информационных объектов / *Онтология проектирования*. 2015, том 5, №3(17). – С. 336-356
12. Мухачева Н.Н., Попов Д.В. Онтологические модели и методы для управления информационно-интеллектуальными ресурсами организации / *Управление, вычислительная техника и информатика. Управление в социальных и экономических системах*. 2010, том 14, №1(36). – С. 123-135
13. Клишина Ю.С., Мохов В.А., Наугольнов О.А. Разработка и сравнение онтологических моделей // фундаментальные исследования с применением компьютерных технологий в науке, производстве, социальных и экономических процессах: материалы 17-ой Национал. молод. науч.-практ. конф. г. Новочеркасск, 20-23 декабря 2017 г. / Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2017. – С. 28-32
14. Gruber, T. R. The Role of Common Ontology in Achieving Sharable, Reusable Knowledge Bases // *Principles of Knowledge Representation and Reasoning: Proceedings of the Second International Conference*. Cambridge, MA, Morgan Kaufmann, 1991. P. 601–602.
15. Gruber T. A Translational Approach to Portable Ontologies // *Knowledge Acquisition*. 1993. Vol. 5, No.2. P. 199–220.
16. Деев Е.А., Корнилов С.Н. Методика оптимизации мультимодальных контейнерных перевозок / *Современные проблемы транспортного комплекса России*. 2015. №1(6). С. 17-20
17. Романенко В.Е., Мохов В.А., Шумилов А.К., Яркин Е.К. Онтологическое моделирование мультимодальных перевозок в обучении студентов направленности «Транспортно-экспедиторская деятельность» // *Фундаментальные основы инженерного образования в России: материалы национальной научно-практической конференции / Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2017. – С. 90-96*
18. Мохов В.А., Сильнягин Н.Н. Интегрированный алгоритм когнитивной оценки и выбора оптимального варианта онтологической модели // *Инженерный вестник Дона*. – 2011. – Т. 18. – №. 4.
19. Мохов В.А., Сильнягин Н.Н. Анализ перспектив программной оценки когнитивных свойств онтологий // *Моделирование. Теория, методы и средства: материалы XI Междунар. науч.-практ. конф.*, г. Новочеркасск, 31 марта 2011 г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ) - Новочеркасск: ЮРГТУ, 2011. - С. 158-163.
20. Гладун А.Я., Рогушина Ю.В. Онтологии в корпоративных системах// *Корпоративные системы*. – 2006. - №1 – С. 25-28
21. Becker M., Smith S. F. An ontology for multi-modal transportation planning and scheduling // *Technical Report CMU-R I-TR-98-15*. – 1997.
22. Димитров В.П., Борисова Л.В., Жмайлов Б.Б. Построение онтологии технического сервиса в агропромышленном комплексе // *Вестник ДГТУ*. 2011. том 11, №10(61) - С.1771-1779
23. Черников Б.В. Формирование онтологий и моделей данных – этапы создания информационных систем // *Информационные технологии*, 2015. – С. 2-5
24. Официальный сайт разработчика программного продукта «Protege», <http://protege.stanford.edu/>

© В.Е. Романенко, В.А. Мохов, А.К. Шумилов, Е.К. Яркин 2018

О МЕТОДАХ АГРЕГАЦИИ ГЕОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.В. Волков, e-mail: mr.henderson@yandex.ru

А.Н.Панфилов, e-mail: panfiloff@rambler.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет
(НПИ) им. М.И.Платова

Статья описывает порядок и способ создания карт глубин поверхностных водных объектов на примере реки Дон. С помощью эхолотатора *Lowrance* были получены исходные данные, представляющие собой набор координатных точек, сгенерированные в лог-файл формата *SL2*. Для обработки и извлечения массива исходных координатных точек из лог-файла была написана программа на языке *Python*. Для создания карты глубин на основе исходных данных был использован программный пакет *MATLAB*. В качестве основного метода визуализации был применен метод бикубической интерполяции исходных данных.

Ключевые слова: агрегация, визуализация, эхолотаторы, *SL2*, *Python*, карта глубин, *MATLAB*.

AGGREGATION METHODS OF SURFACE WATER OBJECTS GEOLOCATION DATA

V.V. Volkov

A.N.Panfilov

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

This article describes the process and method of creation the surface water objects depths maps on example of Don river. Initial data, that is the set of coordinate points which is composed in a *SL2* file, was made by using *Lowrance* sonar. *Python* program was written for handling the log-file and getting the mass of coordinate points from it. For creating the depth-map based on the initial data, *MATLAB* software package was used. As a visualization method, initial data bicubic interpolation was employed.

Keywords: aggregation, visualization, sonars, *SL2*, *Python*, depth map, *MATLAB*.

Агрегация геолокационных данных поверхностных водных объектов, как правило, представляет собой использование специальных алгоритмов для обработки массивов координатных точек, в результате которой создается карта глубин для требуемого водоема. Координатную точку можно представить вектором $H = \langle N, S \rangle$, где N и S - соответственно числовые значения долготы и широты, а H - значение глубины.

Карты глубин описывают подводные рельефы поверхностных водных объектов, таких как реки, озера, моря и т.д. Данные карты применяются при планировании и корректировке движения судов по мелководным рекам, некоторых научно-исследовательских работах, и создаются в основном специальными картографическими агентствами занимающимися исследованиями определенных водоемов, их карты обладают высокой степенью достоверности и точности, которые очень важны для выполнения данных задач.

Аналогично создаются и карты высот, которые описывают различные неровности земной поверхности, т.е. равнины, горные массивы, холмы, параметром H для них является высота на конкретных координатах. На рисунке 1 представлен фрагмент карты глубин в среде *multimaps*. Как видно из рисунка для описания

подводного рельефа водных объектов используются контурное и цветовое разделение глубин с применением изолиний, а также отмечаются изобаты (значения глубины в точках).

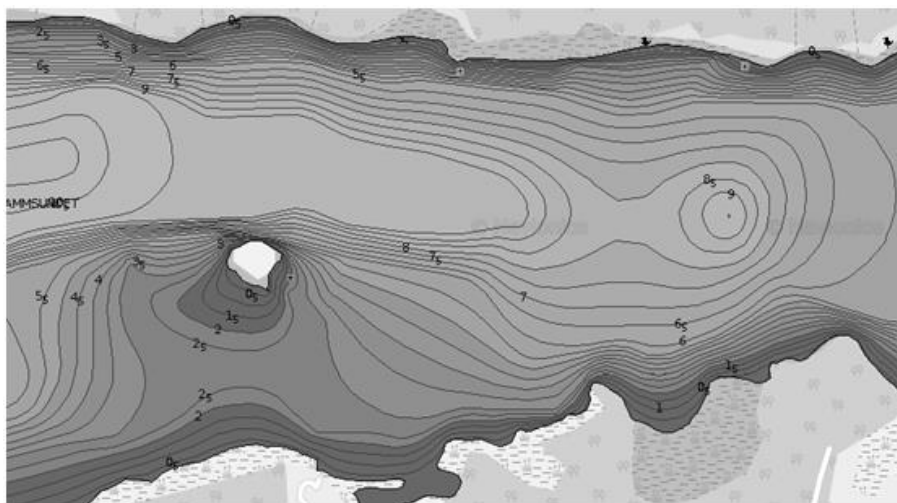


Рис. 1 – Пример карты глубин поверхностного водного объекта

Если для желаемого водоема, на текущий момент, не существует карты глубин или ее формат, качество и т.д. неудовлетворительны то, ее можно создать самостоятельно, используя данные эхолотов, представленных множеством координатных точек: $H = \{ \langle N_i, S_j \rangle; i = 1, 2, \dots; j = 1, 2, \dots \}$. В рамках решаемой задачи будут использоваться координаты точки в формате *UTM(northing, easting)* и значение глубины в футах.

Согласно спецификации *SL2* эти данные необходимо перевести в следующие требуемые форматы, а именно: координаты точек в формат *WGS84(latitude, longitude)*, значение глубины из футов в метры. Для последовательного извлечения, обработки и перевода в необходимые форматы этих данных была разработана программа на языке программирования *Python V 2.7.13*, в результате обработки, которой был получен массив координатных точек с глубинами в требуемом формате.

Декодирование байтовых строк содержащихся в файле осуществлялось путем применения метода *unpack(fmt, string)* из подключаемой библиотеки *struct*[2], где *fmt* – формат, в который нужно перевести байтовую строку; *string* – байтовая строка для перевода; алгоритм расчетов, необходимый для перевода исходных данных в требуемые форматы, включает в себя использование подключаемой библиотеки *math*, которая обеспечивает доступ к набору необходимых математических функций.

Для генерации изображения карты глубин, на основе собранных и обработанных данных, были использованы следующие функции языка *MATLAB* [3]:

$[xq, yq] = \text{meshgrid}(x, y)$ – формирует координатную сетку $[xq, yq]$ из массивов x и y , в нашем случае это соответственно значения долготы и широты, полученные на предыдущем этапе;

Для получения промежуточных значений координатных точек лежащих в данной сетке было решено использовать метод бикубической интерполяции. Бикубическая интерполяция представляет собой кубическую интерполяцию в двух

измерениях[4]. На самом деле мы можем интерполировать и в большем количестве измерений, но в рамках данной статьи, рассмотрим только этот пример.

Представим, что нам известно 16 координатных точек $H = \langle N_i, S_j \rangle$, с точкой начала координат в (N_{i-1}, S_{j-1}) , где i, j изменяются от 0 до 3. Тогда, мы сможем интерполировать поверхность на участке $[0,0] \times [1,1]$, для этого интерполируем 4 колонки и потом интерполируем полученные результаты в горизонтальном направлении, тогда результат интерполяции $g(x,y)$ можно представить в виде:

$$g(x, y) = f(x, f(y, H(N_0, S_0), H(N_0, S_1), H(N_0, S_2), H(N_0, S_3)), \\ f(y, H(N_1, S_0), H(N_1, S_1), H(N_1, S_2), H(N_1, S_3)), \\ f(y, H(N_2, S_0), H(N_2, S_1), H(N_2, S_2), H(N_2, S_3)), \\ f(y, H(N_3, S_0), H(N_3, S_1), H(N_3, S_2), H(N_3, S_3)))$$

Бикубическая интерполяция в *MATLAB* реализована с помощью функции $z = \text{griddata}(x, y, v, xq, yq, 'cubic')$, которая выполняет бикубическую (*cubic*) интерполяцию областей между узлами сетки $[xq, yq]$, в результате чего образуются новые координатные точки, которые заносятся в массив данных z , параметр v – массив значений глубин узловых координатных точек;

$\text{contourf}(xq, yq, z)$ – формирует контурный график изображающим изолинии, области между изолиниями заполняются цветом, самые глубокие места – самые темные. На рисунке 2 представлена сформированная с помощью пакета *MATLAB* карта глубин.

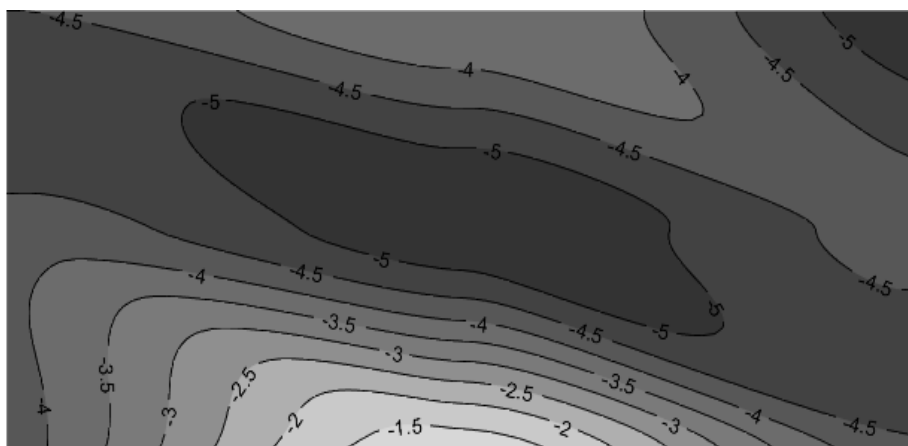


Рис. 2 – Карта глубин поверхностного водного объекта, созданная в пакете *MATLAB*

Таким образом, с помощью описанного метода была построена карта глубин реки. В дальнейшем планируется разработка интегрированной информационной системы, сочетающей в себе функция обработки исходных данных и генерации карт глубин, которая включает в себя применение алгоритма бикубической интерполяции.

Список цитируемой литературы

1. Документация SL2 [Электронный ресурс]URL: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/SL2>
2. Документация Python [Электронный ресурс]URL: <https://docs.python.org/>
3. Официальный сайт MATLAB [Электронный ресурс]URL: <https://se.mathworks.com/>
4. Бикубическая интерполяция, теория и практическая реализация – Хабрахабр [Электронный ресурс]URL: <https://habrahabr.ru/post/111402/>

РАЗРАБОТКА РЕКЛАМНОЙ КАМПАНИИ

Л.В. Микоян, e-mail.ru: liana.mv99@gmail.com,

Е.С. Чучилова, e-mail: katerina28.98@mail.ru

Южный Федеральный университет, г. Таганрог

Тенденция повышения интереса к правильному питанию и здоровому образу жизни создаёт угрозу для заведений, специализирующихся на приготовлении фастфуда. Кроме того, происходит усиление конкуренции в сфере общественного питания, что актуализирует необходимость использования рекламных инструментов. В работе представлена разработка рекламной кампании кафе быстрого питания «BURGER HOUSE». Для этого были определены бизнес- и маркетинговые цели, исследована целевая аудитория, проведен ситуационный анализ, которые позволили сформулировать цель рекламной кампании- увеличение постоянного притока посетителей, а также, разработать комплекс мероприятий по реализации рекламной кампании.

Ключевые слова: ситуационный анализ, маркетинговые исследования, продвижение, рекламная кампания.

DEVELOPMENT OF AN ADVERTISING CAMPAIGN

L.V. Mikoyan, E.S. Chuchilova

South Federal University, Taganrog

The tendency to increase interest in proper nutrition and healthy lifestyles poses a threat to establishments that specialize in the preparation of fast food. In addition, there is an increase in competition in the sphere of public catering, which actualizes the need for the use of promotional tools. The paper presents the development of the advertising campaign for the fast food cafe "BURGER HOUSE". For this purpose, business and marketing goals were determined, the target audience was studied, situational analysis was conducted, which allowed to formulate the purpose of the advertising campaign-to increase the constant flow of visitors, and also to develop a set of measures to implement the advertising campaign.

Keywords: situational analysis, marketing research, promotion, advertising campaign.

В современных условиях возрастающей конкуренции, реклама день ото дня становится все более необходимой отечественным производителям товаров и услуг. Необходимо отметить, что предприятия, применяющие рекламный инструментарий, без маркетинговых исследований, мониторинга результативности предпринятых действий, часто получают отрицательный эффект на вложенные средства. Только тщательно проведённый маркетинговый анализ товаров и услуг фирмы, обоснованное определение цели, точно сформулированные задачи рекламной кампании позволят получить желаемый результат от её проведения.

Таким образом, данная работа посвящена разработке рекламной кампании для кафе быстрого питания «BURGERHOUSE», специализирующегося на приготовлении различных видов бургеров и расположенного в исторической части города Таганрога.

Разработка рекламной кампании играет ключевую роль в продвижении товаров и услуг. Растущий интерес потребителя к правильному питанию и здоровому образу жизни, также создает угрозу для игроков рынка быстрого питания, и, тем самым, вызывает необходимость в дополнительном продвижении товаров и услуг заведений, специализирующихся на приготовлении фаст-фуда. Кроме того, увеличение числа предприятий общественного питания в центре города, где расположено несколько учебных заведений, актуализирует необходимость использования целого комплекса рекламных мероприятий.

В этой связи, кафе быстрого питания «BURGERHOUSE» нуждается в интенсивном применении маркетинговых инструментов продвижения, одним из которых является рекламная кампания.

Наиболее полно понятие рекламной кампании трактует Ф.Г. Панкратов: «рекламная кампания» - это система взаимосвязанных рекламных мероприятий, охватывающих определенный период времени и предусматривающих комплекс применения рекламных средств достижения рекламодателем конкретной маркетинговой цели [1, с.303]. Процесс создания качественной рекламной кампании, требует точного определения бизнес-целей, детального маркетингового исследования рынка для определения маркетинговых целей, разработки стратегии рекламной кампании.

В результате маркетингового исследования, анализа комплекса маркетинга и ситуационного анализа была определена цель рекламной кампании: увеличение постоянного притока посетителей. Достижение данной цели требует решения следующих задач:

- 1) проведение ситуационного анализа товара и услуг;
- 2) определение бизнес-целей и маркетинговых целей стратегии;
- 3) сегментирование;
- 4) определение целевой аудитории;
- 5) позиционирование;
- 6) разработка уникального торгового предложения;
- 7) разработка рекламного сообщения.

Определение цели рекламной кампании требует проведения стратегического маркетингового анализа, который предполагает анализ внешних факторов влияния. Ситуационный анализ позволяет сделать срез в динамическом развитии организации, провести анализ внутренней среды, задачей которого является определение места организации в общем экономическом пространстве, определение основных факторов, воздействующих на данную организацию, а, также, выявление ее укрупненных характеристик в целом. Результаты ситуационного анализа являются основными входными данными для разработки стратегии рекламной кампании.

На первом этапе работы проводится анализ потребительской аудитории и определение целевого сегмента предприятия общественного питания «BURGERHOUSE». Сегментирование – это деление потребителей на сегменты, выбор целевого сегмента и процесс разработки отдельного маркетинг-микса для каждого сегмента, которое в дальнейшем позволит определить целевую аудиторию (ЦА), на которую рассчитан конкретный продукт или услуга данной организации. При определении ЦА важно определить не только того, кто принимает решение о покупке, но и того, кто на него влияет.

Далее, методом SWOT-анализа определяются сильные и слабые стороны организации, а также возможности и угрозы со стороны внешней окружающей среды. SWOT-анализ является методом, позволяющим определить исходную позицию организации и выявить стратегические перспективы компании.

Следующий шаг - позиционирование кафе на рынке. Это маркетинговый процесс, помогающий определить конкурентно выигрышное положение компании на рынке. При позиционировании компании в сознании потребителя остаётся четкий образ, который распространяется на все товары предприятия. Задача позиционирования - правильно определить принцип формирования этого образа,

найти незанятые ячейки или создать собственные посредством маркетинговых коммуникаций. Идеальная цель любого позиционирования: найти такую ячейку, в которой бренд станет единственным в своем роде и будет являться единственно лучшие выбором.

Решение всех вышеперечисленных задач, поможет перейти к такому важному этапу создания рекламной коммуникации, как процесс разработки уникального торгового предложения. Уникальное торговое предложение (УТП) – это главное потребительское преимущество товара перед конкурентами, его уникальное отличие от других аналогичных марок в глазах потребителя. Точно позиционируя товар и умело разрабатывая УТП, можно с одинаковым коммерческим успехом торговать как рядовым, так и элитным товаром. Если товар не спозиционирован и не сформулировано УТП, рекламная кампания будет неэффективна.

Разработка рекламного сообщения будет завершающим шагом, которая поможет достичь поставленную цель рекламной кампании кафе.

На первом этапе разработки рекламной кампании была определена целевая аудитория кафе «BURGERHOUSE». Для этого был проведен опрос посетителей по социально-демографическому критерию, как самому распространенному методу сегментации рынка. Целевой аудиторией данного заведения являются потребители со средним достатком, проживающие в городе Таганроге от 18-25 лет, готовые к регулярному потреблению продукции кафе, и лояльность которых обусловлена привлекательной ценой.

Прежде чем спозиционировать исследуемый объект, то есть, сформировать наиболее выгодный его образ у целевой аудитории, был проведен SWOT-анализ (см. таблицу 1). Это позволило сделать вывод о необходимости применения стратегии продвижения.

Таблица 1

SWOT-анализ		
	Возможности	Угрозы
Сильные стороны	1. Увеличение количества посетителей, в условиях выгодного расположения кафе, приводит к повышению прибыли. 2. Усиление лояльности посетителей за счет широкого ассортимента и качества продукции. 3. Стимулирующая мотивационная программа сотрудников позволит увеличить число посетителей.	Широкий ассортимент и грамотная ценовая политика помогут усилить конкурентоспособность по сравнению с конкурентами.
Слабые стороны	Недостаточное применение методов продвижения при возможном использовании интернет-маркетинга и сотрудничества с другими компаниями.	1. Ослабление позиций на рынке за счет недостаточного использования методов продвижения. 2. Наличие одного поставщика создаёт угрозу политике лояльности за счёт низкой цены.

Таким образом, в качестве стратегии позиционирования кафе определена стратегия по отличительным характеристикам продукта или выгоде потребителя. Ключевая характеристика данного позиционирования — предлагаемая выгода потребителю.

Следующим шагом стала разработка уникального торгового предложения, основанная на результатах проведенного маркетингового исследования: «У нас вкус измеряется в рублях, а цена в копейках».

Решение всех поставленных задач, необходимых для достижения цели рекламной кампании, привело к завершающему этапу- разработке рекламного сообщения (рис.1).



Рис. 1 – Рекламное сообщение

Учитывая особенности целевой аудитории были выбраны такие средства рекламы, как: наружная, реклама в кинотеатрах, в социальных сетях, печатная реклама (листовки).

Для грамотной разработки рекламного сообщения были применены фонетические и семантические средства составления текста рекламного сообщения. Тон рекламного сообщения: эмоциональный, юмористический, допускающий сленг. Основными цветами рекламы были выбраны желтый и черный, поскольку фирменный стиль организации разработан в аналогичных цветах.

Разработанное рекламное сообщение имеет важное значение в продвижении исследуемого объекта. Прделанная работа, основанная на результатах маркетингового исследования, позволила диагностировать положение кафе «BURGER HOUSE» на рынке предприятий быстрого питания, особенности его работы, провести сегментирование посетителей, спозиционировать заведение на рынке, составить уникальное торговое предложение. Рекламное сообщение, как итог работы, было создано с учетом специфики целевой аудитории.

Список цитируемой литературы

1.Панкратов Ф. Г., Баженов Ю. К., Серегина Т. К., Шахурин В. Г. Рекламная деятельность: Учебник для студентов высших учебных заведений. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2002.- 364 с.

© Л.В. Микоян, Е.С. Чучилова 2018

РАЗРАБОТКА РЕКЛАМНОЙ КАМПАНИИ ФИТНЕС-КЛУБА

К.А. Леценко, e-mail: krisleshchenko@yandex.ru

Южный Федеральный университет, г. Таганрог

Актуальность данной работы связана с высокой конкуренцией на рынке фитнес-услуг, что является следствием популяризации здорового образа жизни, а также низких барьеров входа в отрасль. Объектом данного исследования является фитнес-клуб «Forma», расположенный в городе Таганроге. В условиях низких доходов потребителей фитнес-клуб заинтересован удерживать и привлекать новых посетителей. Работа посвящена разработке рекламной компании фитнес-клуба, отправной точкой которой является обоснование её цели. Это потребовало проработки следующих задач: проведения мониторинга потребительской аудитории, отраслевого анализа, определение целевого сегмента, диагностики функционирования организации (сильных и слабых сторон предоставляемых услуг). В результате исследования разработан комплекс инструментов реализации рекламной кампании сроком на 6 месяцев.

DEVELOPMENT OF ADVERTISING CAMPANY FITNESS CLUB

K.A. Leshchenko

South Federal University, Taganrog

The relevance of this work is associated with high competition in the market of fitness services, which is a consequence of the popularization of a healthy lifestyle, as well as low barriers to entry into the industry. The object of this study is the fitness club "Forma", located in the city of Taganrog. In conditions of low incomes, the fitness club is interested in retaining and attracting new visitors. The work is devoted to the development of the advertising company of the fitness club, the starting point of which is the rationale for its goal. This required the development of the following tasks: monitoring of the consumer audience, industry analysis, definition of the target segment, diagnostics of the functioning of the organization (strengths and weaknesses of the services provided). As a result of the research, a set of tools for implementing an advertising campaign for a period of 6 months was developed

Фитнес-индустрия становится все более привлекательной сферой для предпринимателей бизнеса, поскольку ниша эта до сих пор еще полностью не занята. Это актуализирует мониторинг состояния деятельности организаций, применения маркетинговых инструментов в продвижении их услуг.

В данной работе проанализирована деятельность фитнес-клуба «Forma», расположенного в г. Таганроге. Одним из инструментов продвижения организаций и их услуг являются рекламные средства, поэтому предметом данного исследования является рекламная кампания фитнес-клуба, а целью – её разработка.

Актуальность данной работы связана с высокой конкуренцией на рынке фитнес-услуг, что является следствием популяризации здорового образа жизни, а также низких барьеров входа в отрасль.

Проведение в нашей стране зимней олимпиады и чемпионата мира по футболу ведет к увеличению популярности спорта и здорового образа жизни, а уникальность тренажеров и методик тренировок влечет за собой преимущество фитнес-клубов.

Целью данного исследования является разработка рекламной компании фитнес-клуба. Для достижения указанной цели необходимо решение следующих задач исследования: проведение ситуационного анализа фитнес-клуба; определение стратегии на бизнес-, функциональном и инструментальном уровнях; определение бизнес-целей и маркетинговых целей; определение целевой аудитории фитнес-клуба; разработка комплекса рекламных средств.

Поскольку фитнес-клуб «Forma», функционирует в условиях монополистической конкуренции, это актуализирует постоянный мониторинг состояния дел в организации и её положения в конкурентной среде. А, также, поиска конкурентного преимущества. Это требует системного подхода в исследовании.

В качестве инструментов стратегического и маркетингового анализа будем использовать следующие. PEST-анализ, который позволяет оценить внешнюю экономическую ситуацию, складывающуюся в данной сфере; отраслевой анализ, позволяющий оценить конкурентоспособность предприятия; мониторинг потребительской аудитории, позволяющий определить целевой сегмент.

Для того, чтобы грамотно разработать рекламную кампанию необходимо провести фундаментальный маркетинговый анализ организации. В процессе анализа рынка фитнес-услуг и фитнес-клуба «Forma», в частности, был использован ряд инструментов стратегического и маркетингового анализа. Для диагностики функционирования клуба необходимо провести ситуационный анализ. С точки зрения маркетинга: внутренняя среда включает микро- и макросреды, а внешняя - возможности и угрозы. Микросреда включает производственную, маркетинговую, финансовую, кадровую и т.д. деятельность организации. Макросреда включает конкурентов, поставщиков, покупателей и т.д. В анализе внешней среды определяются тенденции в области экономики, законодательства, демографии, научно-технического прогресса и т.д. Далее необходимо соотнести факторы внутренней среды с возможностями и угрозами внешней, то есть, применить матричный подход в исследовании.

Анализ комплекса маркетинга, в таком случае является составной частью микросреды. Он включает в себя описание 4-х факторов: product (товар, услуга), price (цена), place (место), promotion (продвижение). В рамках данного исследования наибольший интерес представляет последний элемент – продвижение, включающий рекламные средства. В зависимости от маркетинговой цели компании определяется комплекс рекламных средств для реализации маркетинговой стратегии и рекламной кампании.

Для организации рекламной кампании необходимо проведение мониторинга потребительской аудитории, с целью определения целевого сегмента фитнес-клуба.

Как было уже отмечено, проведение PEST-анализа позволяет оценить влияние внешних факторов на исследуемую организацию и рынок в целом. В результате PEST-анализа деятельности фитнес-клуба «Forma», значимыми были определены социальный и технологический факторы. Относительно первого фактора, это связано с проведением Олимпийских игр в Сочи, что увеличило интерес к спорту и сказалось на востребованности фитнес-услуг. Под технологическим фактором понимается применение тренировочных технологий, позволяющих клубу обладать уникальностью предоставляемых услуг.

Рынок фитнес услуг находится на этапе роста жизненного цикла, этим объясняется высокая фрагментарность отрасли (на рынке нет главного лидера отрасли, существует много достаточно мелких компаний). Исходя из того, что направление фитнеса новое и модное, барьеры входа и выхода достаточно низкие, что ведёт к появлению на рынке фитнес-услуг достаточного числа конкурентов. В этой связи, по законам рынка монополистической конкуренции, каждая компания пытается продумать что-то новое, более эффективное и привлекательное для потенциальных клиентов.

Анализа фитнес-клуба «Forma» по модели «пяти сил Портера», позволил определить, что наиболее влиятельными силами на организацию являются потребители и поставщики (арендодатели). Зависимость от поставщиков достаточно высокая, так как клуб не имеет собственного зала, а количество оборудованных залов ограничено. Степень влияния (давления) потребителей объясняется растущей конкуренцией на рынке фитнес-услуг и косвенных конкурентов (танцевальных школ). Сегодня на рынке фитнес-услуг г.Таганрога действуют около десяти крупных клубов и центров. Всего количество фитнес клубов, включая небольшие студии и клубы, входящие в инфраструктуру отелей, более 100.

Конкурентный анализ был проведен по следующим критериям: местоположение, ассортимент услуг (основные и сопутствующие), площадь спортивного зала, инвентарь для проведения занятий, система оплаты, стоимость услуг, система скидок, график работы, комфортабельность раздевалок, квалификация фитнес-тренеров. На данный момент конкурентными преимуществами клуба «Forma» являются: зал, считающийся самым большим в г.Таганроге (общая площадь 500 кв.м., рабочая площадь 360 кв.м.); высококвалифицированный персонал; новое профессиональное оборудование для бодибилдинга и фитнеса, армреслинга и пауэрлифтинга; online-тренинг, который дает возможность тренироваться в любой точке мира; фитнес-бар; магазин спортивного питания; достаточно хорошее местоположение (спальный район); парковка.

В процессе проведения ситуационного анализа был сформулирован список слабых и сильных сторон компании, а также возможностей и угроз внешней среды (таблица 1).

Таблица 1

Факторы SWOT-анализа услуг фитнес-клуба

Сильные стороны Большая площадь зала; Квалифицированный персонал; Парковка; Система скидок; Online-тренинг; Местоположение (спальный район); Фитнес-бар, магазин спортивной одежды и спортивного питания; Надежные партнеры (правильное питание).	Слабые стороны Малоизвестность фитнес-клуба; Недостаточное количество каналов продвижения товаров и услуг.
Возможности Расширение ассортимента предлагаемых услуг; Расширение площади; Тенденция к здоровому образу жизни.	Угрозы Сильная конкуренция; Зависимость от зарубежных поставщиков; Высокие проценты по кредитам; Низкие барьеры входа; Снижение доходов части клиентов.

Составление SWOT-матрицы (таблица 2) позволило сделать выбор конкурентной стратегии дифференциации, в рамках которой необходимо расширение спектра услуг: сауны, массажного кабинета, солярия; групповые занятия для детей и подростков, занятия для беременных, йога, мини-детская комната; и возможность продажи товаров и услуг через интернет. Есть основания предполагать, что совокупность этих услуг позволит клубу занять лидирующую позицию на рынке, несмотря на большое количество конкурентов и достаточно низкий уровень барьера входа на рынок фитнес-услуг.

Таблица 2

SWOT-матрица услуг фитнес-клуба

	Возможности	Угрозы
Силь- ные сто- роны	1. Высококвалифицированный персонал позволяет расширять ассортимент предлагаемых услуг. 2. Местоположение позволяет расширять площадь фитнес клуба. 3. Возможность выхода на новый сегмент рынка, путем привлечения клиентов других категорий. 4. Близость транспортной развязки может повлечь за собой увеличение потребления услуг фитнес клуба.	1. Высокая квалификация и большой опыт сотрудников в условиях высокой конкуренции.
Сла- бые сто- роны	1. В условиях тенденции здорового образа жизни недостаточное использование каналов продвижения фитнес-клуба.	1. Малоизвестность в условиях сильной конкуренции. 2. Малоизвестность в условиях недостаточного количества каналов продвижения товаров и услуг.

Исходя из проведенного ситуационного анализа услуг фитнес-клуба, можно выделить главную проблему его деятельности на данный момент – малоизвестность. Поэтому, с целью информирования потребителей, необходимо провести рекламную кампанию.

В рамках разработанной рекламной кампании предполагается применение следующего комплекса рекламных инструментов: использование социальных сетей «ВКонтакте», «Instagram», информационного портала города www.tagfind.ru. Кроме того, поскольку на данный момент клуб не имеет собственного сайта, для создания сайта-визитки, можно воспользоваться бесплатным конструктором сайтов Google. Также, предполагается активное использование листовок в лифтах близлежащих домов и маршрутках для дополнительного информирования населения об услугах клуба и проводимых акциях, к каким относятся скидки и розыгрыши бесплатных абонементов. Помимо печатных средств, необходим комплекс мероприятий: «Дни открытых дверей», в рамках которых проводятся танцевальные, развлекательные, спортивные занятия и проводятся мастер-классы. Это позволит потребителям ознакомиться со спектром услуг фитнес-клуба.

Таким образом, исследование рынка фитнес-услуг показало, что его развитие характеризуется положительной динамикой и необходимостью дифференциации деятельности услуг. В процессе анализа деятельности фитнес-клуба «Forma», были определены наиболее значимые факторы влияния внешней среды, сильные и слабые стороны внутренней среды, что позволило провести диагностику деятельности организации, выявить проблемы развития. На основании этого стало возможным определение бизнес-стратегии: конкурентная стратегия дифференциации. На функциональном уровне была выбрана маркетинговая стратегия и определена её цель: информировать потребителей о предлагаемых услугах фитнес-клуба «Forma». На инструментальном уровне, в качестве основного, был определен элемент комплекса маркетинга – продвижение, включающий рекламные средства.

В рамках разработки рекламной кампании был определён комплекс рекламных средств, календарный план их применения сроком на 6 месяцев, а также рассчитан бюджет рекламной компании в целом.

УРОВЕНЬ ЖИЗНИ В РОССИИ

Е.А.Лиманова¹, e-mail: limanova4@mail.ru, Ю.Л.Кольчугина², e-mail: kolchugina-yuliya@mail.ru, А.Г. Чеботарева¹, e-mail: nastya.chebotareva1@yandex.ru, Е.А. Кобец¹, e-mail: eakobec@sfedu.ru,

Южный Федеральный университет, г. Ростов на Дону

В данной работе рассматривается сущность таких показателей, как минимальный размер оплаты труда, прожиточный минимум и пособие по безработице, которые взаимосвязаны и взаимозависимы между собой. Проанализировано их формирование и раскрыты причины их изменения. Мы также постарались ответить на некоторые спорные вопросы, касающиеся непропорционального установления прожиточного минимума относительно МРОТа. Посредством нашей работы мы попытались объяснить и показать, как социальные аспекты влияют на экономику и наоборот.

STANDART OF LIVING IN RUSSIA

E.A. Limanova¹, Yu.L. Kolchugina², A.G. Chebotareva¹, E.A. Kobec¹

Southern Federal University, Rostov on Don

This article discusses the development of such indicators as minimum wage, subsistence level and unemployment benefit, which are interrelated and interdependent, is considered. Their formation is analyzed and the reasons for their change are revealed. We also tried to answer some controversial questions concerning the disproportionate establishment of the subsistence minimum with respect to the minimum wage. Through our work, we tried to explain and show how social aspects affect the economy and vice versa.

**СРАВНЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ИМПОРТНЫХ ВОЛЬФРАМОКОБАЛЬТОВЫХ ПОРОШКОВЫХ
СМЕСЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ
ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

А.А. Жадяев¹, e-mail: Alexander-zhadyaev@yandex.ru,

Д.А. Захаров², e-mail: d.zaharov@vbm.ru,

1- Самарский Государственный Технический университет, г. Самара

2- АО "Волгабурмаш", г. Самара

В данной работе проводится сравнительный анализ свойств и структуры порошковых смесей состава WC-Co, поставляемых на предприятие твердосплавного производства АО «Волгабурмаш» (АО "ВБМ") с целью установления возможности их использования в производстве комплектующих буровых долот. Были рассмотрены партий импортных порошков от 2-х разных производителей - "Е6" (Германия) и ОАО "Твердосплав" (Китай). Исследовано влияние свойств порошков на качество прессования. Проводился анализ спеченных твердосплавных изделий на ударную вязкость, микроструктуру и твердость. Для сравнительного анализа, в качестве эталона, были взяты данные о свойствах порошковых смесей, изготавливаемых на самом предприятии АО "Волгабурмаш".

COMPARISON OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF IMPORTABLE MIXTURES OF TUNGSTEN-COBALT POWDERS APPLIED IN THE PRODUCTION OF HARD-ALLOY PRODUCTS

A.A. Zhadyaev¹, D.A. Zaharov²

1- Samara State Technical university , Samara

2- "Volgaburmash", Samara

In this paper, a comparative analysis of the properties and structure of the WC-Co powders mixtures delivered to the JSC "Volgaburmash" solid carbide enterprise (JSC "VBM") is conducted to determine the possibility of their use in the production of drilling bit components. Batch of imported powders from 2 different manufacturers - "E6" (Germany) and OJSC "Tverdosplav" (China) were considered. The influence of the properties of powders on the quality of pressing is investigated. The analysis of sintered carbide products on impact strength, microstructure and hardness was carried out. For comparative analysis, as a standard, data on the properties of powder mixtures manufactured at the JSC "Volgaburmash" itself were taken.

УДК 339.13

РАЗРАБОТКА РЕКЛАМНОЙ КАМПАНИИ ПРЕДПРИЯТИЯ БЫСТРОГО ПИТАНИЯ

Дорошко А.А, e-mail:ariadna1498@mail.ru, Пилипенко Е.С, e-mail.ru:pilipenko.k@mail.com

Южный Федеральный университет, г. Таганрог

Возрастающая конкуренция в сфере общественного питания повышает необходимость расширения потребительской аудитории организаций данной отрасли. Организация рекламной кампании требует систематического мониторинга ситуации на рынке. В этих условиях производитель стремится привлечь потребителей не только за счет качества продукции, но и с помощью маркетинговых инструментов. В данной работе в рамках стратегии продвижения разработана рекламная кампания предприятия быстрого питания. Это потребовало проведения анализа комплекса маркетинга, анализа сильных и слабых сторон, диагностики развития предприятия, формулировки бизнес-целей, маркетинговых целей, разработки стратегии позиционирования услуг и уникального торгового предложения данной организации. Решение этих задач позволило разработать комплекс инструментов реализации рекламной кампании.

Ключевые слова: диагностика предприятия, мониторинг, конкуренция, рекламная кампания, услуга.

DEVELOPMENT OF ADVERTISING CAMPANY FAST-FOOD

A. A. Doroshko, E.S. Pilipenko.

South Federal University, Taganrog

Increasing competition, in the sphere of public catering, increases the competitiveness of the market. In these conditions, the manufacturer strives to attract not only at the expense of product quality, but also with the help of marketing tools. In this paper, as part of an advertising campaign promotion strategy. This is the required implementation of marketing analysis, the formulation of business goals, marketing goals, the development of positioning strategies for services and the unique trade offer of this organization. Thesoluteonoftheseproblems.

Keywords: enterprise diagnostics, monitoring, competition, advertising campaign, service.

Современный бизнес в сфере общественного питания невозможно представить без применения рекламных инструментов. Это самый действенный инструмент, который позволяет донести информацию до своих потребителей, модифицировать их поведение, привлечь внимание к предлагаемым услугам, создать положительный имидж самого предприятия, показать его общественную значимость. Поэтому эффективная рекламная деятельность является важнейшим средством достижения целей маркетинговых стратегий в целом и коммуникационной стратегии, в частности.

Несмотря на то, что информации на данную тему достаточно, управляющим кафе и маркетологам не достаёт системности в разработке рекламной кампании. Именно этим и обусловлена актуальность выбранной темы данной работы. Общественное питание — это сфера оказания услуг, следовательно, одна из главных задач — сделать людей счастливыми, хотя бы на время их присутствия в ресторане, кафе или баре.

В настоящее время в России получили распространение кафе и рестораны быстрого питания, что ведёт к усилению конкуренции в данной сфере. Возрастающая конкуренция повышает необходимость расширения потребительской аудитории. Для привлечения потребителей производитель использует маркетинговые инструменты, одним из которых является грамотно разработанная рекламная кампания.

В этой связи целью данной работы является разработка рекламной кампании предприятия быстрого питания «ДОДО пицца», расположенного в центре г. Таганрога. Несмотря на то, что предприятие относится к сети пиццерий, необходимо учитывать специфику конкурентной среды в месте его расположения. Достижение цели исследования требует решения следующих задач: определение целевой аудитории, анализ комплекса маркетинга, ситуационный анализ, диагностика развития предприятия, определение маркетинговых целей, определение стратегии позиционирования услуг, разработка уникального торгового предложения организации, разработка комплекса рекламных мероприятий.

Анализ комплекса маркетинга позволяет диагностировать состояние ключевых элементов комплекса (4P): people, price, promotion, product. Результаты данного метода исследования включаются в ситуационный анализ товаров и услуг компании.

Для определения маркетинговых (рекламных) целей компании требуется проведение ситуационного анализа услуг. В отличие от ситуационного анализа фирмы, помимо данных макросреды (конкуренты, цена, имидж бренда, технологии, широта ассортимента, свойства товара) и внешней среды, в анализ внутренней среды включаются и данные комплекса маркетинга. Ситуационный анализ позволяет определить сильные и слабые стороны организации, а также возможности и угрозы.

Цели маркетинга — это желаемое положение компании или товара (услуг), которое можно достичь скоординированными усилиями всех сотрудников компании в определенный промежуток времени.

Следующим этапом исследования для организации рекламной кампании является определение стратегии позиционирования кафе. Этот этап позволяет определить место товара (услуги) относительно аналогичных товаров конкурентов, выявление конкурентных преимуществ товаров (услуг) и четкое формулирование его предназначения для целевого рынка. При позиционировании в сознании потребителя создаются ячейки с определенными характеристиками, в которые он

помещает названия всех товаров (брендов). Задача позиционирования товара (услуг) – это правильно определить принцип формирования этих ячеек, найти свободные ячейки в сознании потребителей.

Важным для организации рекламной кампании является разработка уникального торгового предложения организации (УТП). УТП – это отличительный потребительский мотив, альтернатива имиджевой и развлекательной рекламы. Теория УТП - основная часть процесса позиционирования товара или услуги. С помощью метода УТП определяются точки дифференциации продукта компании от продуктов конкурентов. Точно позиционируя товар и умело разрабатывая УТП, можно успешно торговать как рядовыми, так и элитными товарами. Для этого необходимо спозиционировать услуги кафе для определенной целевой аудитории (пол, возраст, образование, социальное и семейное положение, уровень доходов, стиль жизни, национальность), а потом формировать УТП.

Для разработки рекламной кампании кафе «ДОДО Пицца» был проведен опрос посетителей по социально-демографическому критерию, с помощью чего была определена целевая аудитория данного заведения. Целевую аудиторию составляют потребители от 15 и до 30 лет, которые готовы, к постоянному посещению и потреблению продукции данного кафе.

С помощью маркетингового ситуационного анализа была определена необходимость применения стратегии продвижения кафе (табл. 1).

Таблица 1

SWOT-анализ кафе

	Возможности	Угрозы
Сильные стороны	Высококвалифицированный персонал дает возможность расширить ассортимент услуг. (people) Дополнительные услуги дают возможность расширить каналы дистрибуции. (promotion) Поддержание высокого качества работы и обслуживания клиентов, разработка стратегии для привлечения новых посетителей. (people)	Доступная ценовая политика в условиях высокой конкуренции на рынке. (price)
Слабые стороны	Увеличение количества посетителей и удержание постоянных клиентов за счет внесения дополнений и изменений меню, разработки системы скидок. (people)	Отсутствие плана развития сотрудников позволяет конкурентам переманивать высококвалифицированные кадры. (people/promotion) Отсутствие инструментов рекламы дает возможность активизироваться конкурентам. (promotion)

Цели, ориентированные на потребителей, служат отправной точкой для разработки стратегии коммуникаций. В качестве стратегии позиционирования была определена стратегия «по отличительным характеристикам продукта или выгоде потребителя». Ключевая характеристика данного позиционирования – предлагаемая выгода потребителю: покупая пиццу, вы сможете быстро, вкусно и недорого утолить голод.

В результате маркетингового исследования было разработано уникальное торговое предложение (УТП), которое, позволило выявить преимущество услуг

кафе перед конкурентами. Суть рекламного предложения: «60 минут или пицца бесплатно» (рис.1).



Рис.1-рекламное сообщение

На основе результатов маркетингового исследования была разработана рекламная кампания. Исходя, из проделанного анализа были приняты решения о применении комплекса рекламных средства: наружная реклама, реклама в социальных сетях (Вконтакте, Instagram, Facebook), печатная реклама (листовки, баннеры).

Таким образом, для разработки рекламной кампании была определена целевая аудитория; проведён анализ комплекса маркетинга; ситуационный анализ, который позволил диагностировать состояние организации, и определить маркетинговую цель: привлечение потребительской аудитории кафе. Для достижения данной цели была определена стратегия позиционирования услуг: по отличительным характеристикам продукта или выгоде потребителя. Разработано уникальное торговое предложение организации, разработан комплекс мероприятий рекламной кампании.

Список цитируемой литературы

1. Основы маркетинга. Краткий курс. В.Орлова.
2. Герничкова И.Н. Менеджмент, М; ЮНИТИ, 1994
3. Панкратов, Ф. Г. Рекламная деятельность: учебн. / Ф. Г. Панкратов, Ю. К. Баженов, В. Г. Шахурин. - 7-е изд., перераб. И доп. - М.: ИТК «Дашков и К», 2005. – 526с.
4. <https://lpgenerator.ru/blog/2016/12/27/chto-takoe-unikalnoe-torgovoe-predlozhenie-utp/>
5. <https://dodopizza.ru>

© А.А.Дорошко, Е.С.Пилипенко 2018

УДК 004

О ВАРИАНТЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

О.Н. Сериков, e-mail: als1261@mail.ru,

М.С. Бабеев, e-mail: babeev.maks1997@gmail.com,

Д.А. Заславнов, e-mail: Zaslavnov@gmail.com

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В данной статье представлены основные проектные решения по реализации информационно-аналитической системы хлебозавода. Показан вариант диаграммы развертывания спроектированной информационно-аналитической системы, а также схемы функционирования и построения системы. Так же представлен вариант алгоритма прогнозирования в соответствии с моделью прогнозирования временных рядов *ARIMA*, разработанный для представленного предприятия. Приложение разработано в среде *IntelliJ IDEA* с использованием библиотеки *timeseries*, реализующей построение модели *ARIMA* и организующей удобный для использования интерфейс преобразования массивов данных. На выходе данного приложения получаем составленный прогноз в виде таблицы с предполагаемыми объемами продаж по каждому выпускаемому предприятием товару.

Ключевые слова: информационные системы, *ARIMA*, прогнозирование, временные ряды, анализ, java, проектирование.

ABOUT THE DESIGN OF INFORMATION-ANALYTICAL SYSTEM APPLICATION FOR TIME SERIES PREDICTION

O.N. Serikov, M.S. Babeev, D.A. Zaslavnov

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

This article presents the main design decisions for the implementation of information-analytical system of the bakery. Shows a variation of the deployment diagram is designed information-analytical system, as well as arrangements for the operation and construction of the system. The presented version of the prediction algorithm in accordance with the model time series forecasting *ARIMA* developed for the presented company. The application is developed in *IntelliJ IDEA* environment using the *timeseries* library that implements the build *ARIMA* model and organizing easy-to-use interface converting data sets. The output of this application get the forecast in the form of a table with the estimated sales volumes for each produced product.

Keywords: information systems, *ARIMA*, forecasting, time series analysis, java, design.

В текущих реалиях рынка потребность в аналитических системах, способных предсказать потребность предприятия в ресурсах, неоценима. Разрабатываемая система позволяет составить прогноз по продажам предприятия, что позволяет спрогнозировать потребность предприятия в первичных ресурсах, а также, дает возможность экономить на излишках произведенной продукции.

На первом этапе разработки информационно-аналитической системы автоматизации хлебозавода была спроектирована схема функционирования и построения информационной системы, представленная на рис. 1. Данная схема позволяет построить общее представление о структуре разрабатываемой системы, что значительно упрощает процесс проектирования системы в целом. Так же, одним из важнейших аспектов данной схемы, является определение необходимых средств разработки и технического обеспечения, достаточного для функционирования итогового продукта.

Схема функционирования и построения системы автоматизации делится на две основные части – обеспечивающие и функциональные подсистемы. Данное деление позволяет обеспечить четкое разделение функционала и сути разрабатываемых подсистем.

Диаграмма развертывания информационно-аналитической системы, представленная на рисунке 2, позволяет получить общее представление о структуре системы. На данной диаграмме представлены конкретные проектные решения по реализации подсистем и общей структуре системы.

Система делится на три основных компонента: сервер базы данных, вычислительный сервер и клиентское приложение.

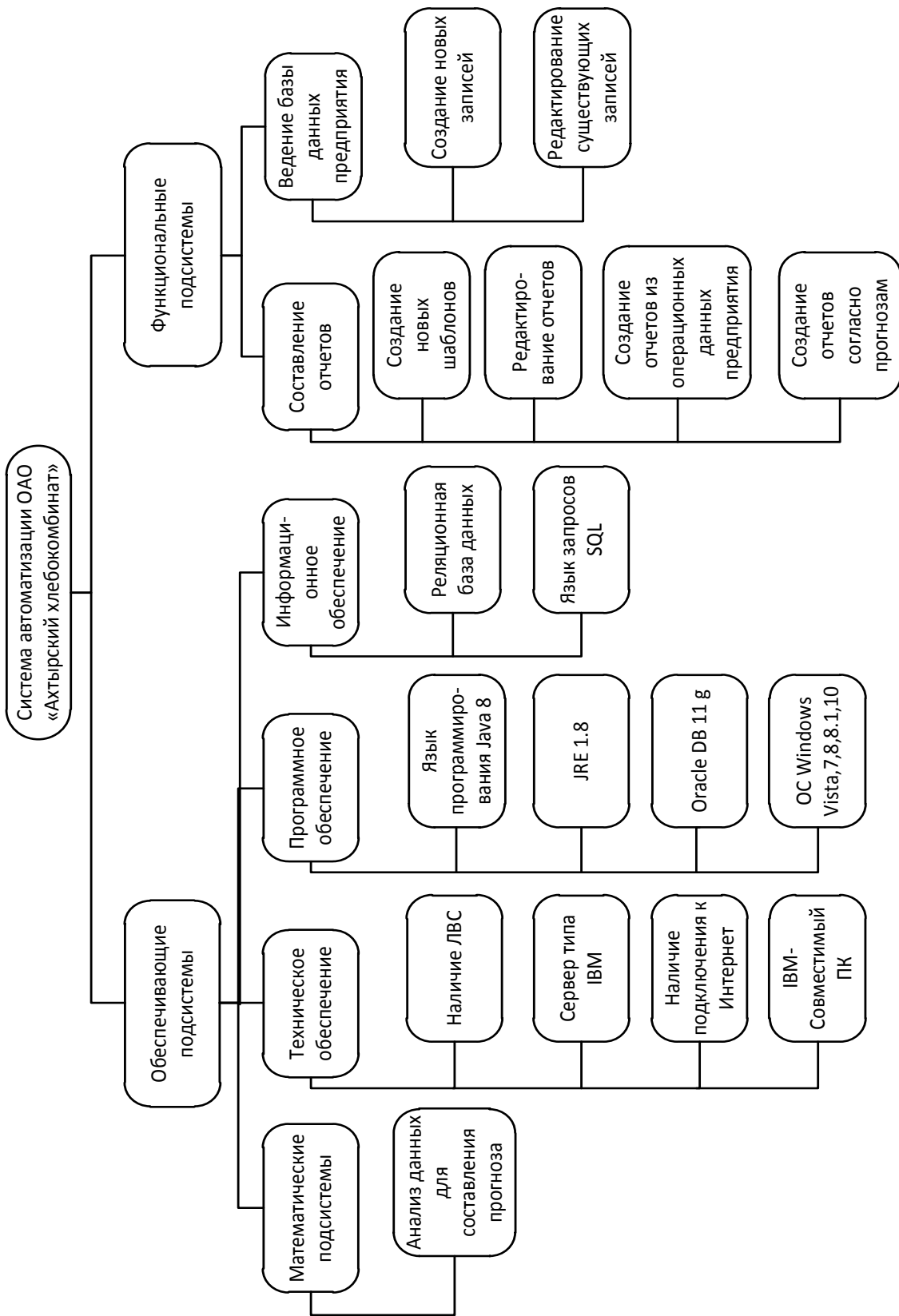


Рис. 1 – Схема функционирования и построения системы автоматизации хлебозавода

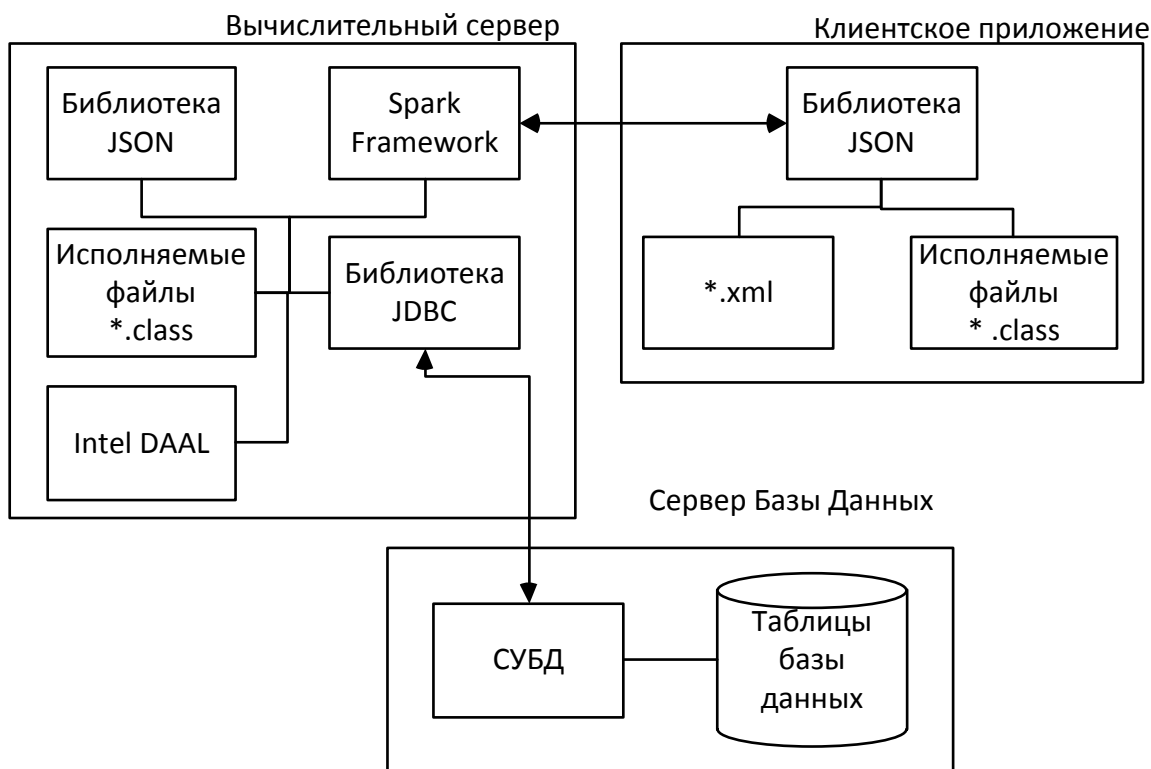


Рис. 2 – Диаграмма развертывания информационно-аналитической системы

Сервер базы данных выполняет функцию стандартного хранилища исходных и операционных данных предприятия. Структура базы данных подробно представлена в [1]. Все связи с внешними компонентами осуществляются посредством стандартной библиотеки JDBC, методы связи которой реализованы на стороне приложения, разработанного для вычислительного сервера.

Вычислительный сервер является ядром разрабатываемой системы и выполняет функции обработки операционных данных предприятия, управление базой данных, составление отчетов, а также берет на себя всю работу по прогнозированию продаж.

Клиентское приложение позволяет вносить данные в базу данных, посредством передачи их через вычислительный сервер на сервер базы данных, просматривать и редактировать отчеты, составленные на вычислительном сервере, а также предоставляет функцию просмотра составленных прогнозов.

Связь между вычислительным сервером и клиентским приложением организована посредством использования библиотеки JSON, позволяющая упростить процесс передачи и приема данных.

На рисунке 3 представлен вариант алгоритма реализации модуля прогнозирования с использованием библиотеки *time-series* и модели прогнозирования временных рядов *ARIMA*. Правила построения данных диаграмм подробно описаны в [2-4].

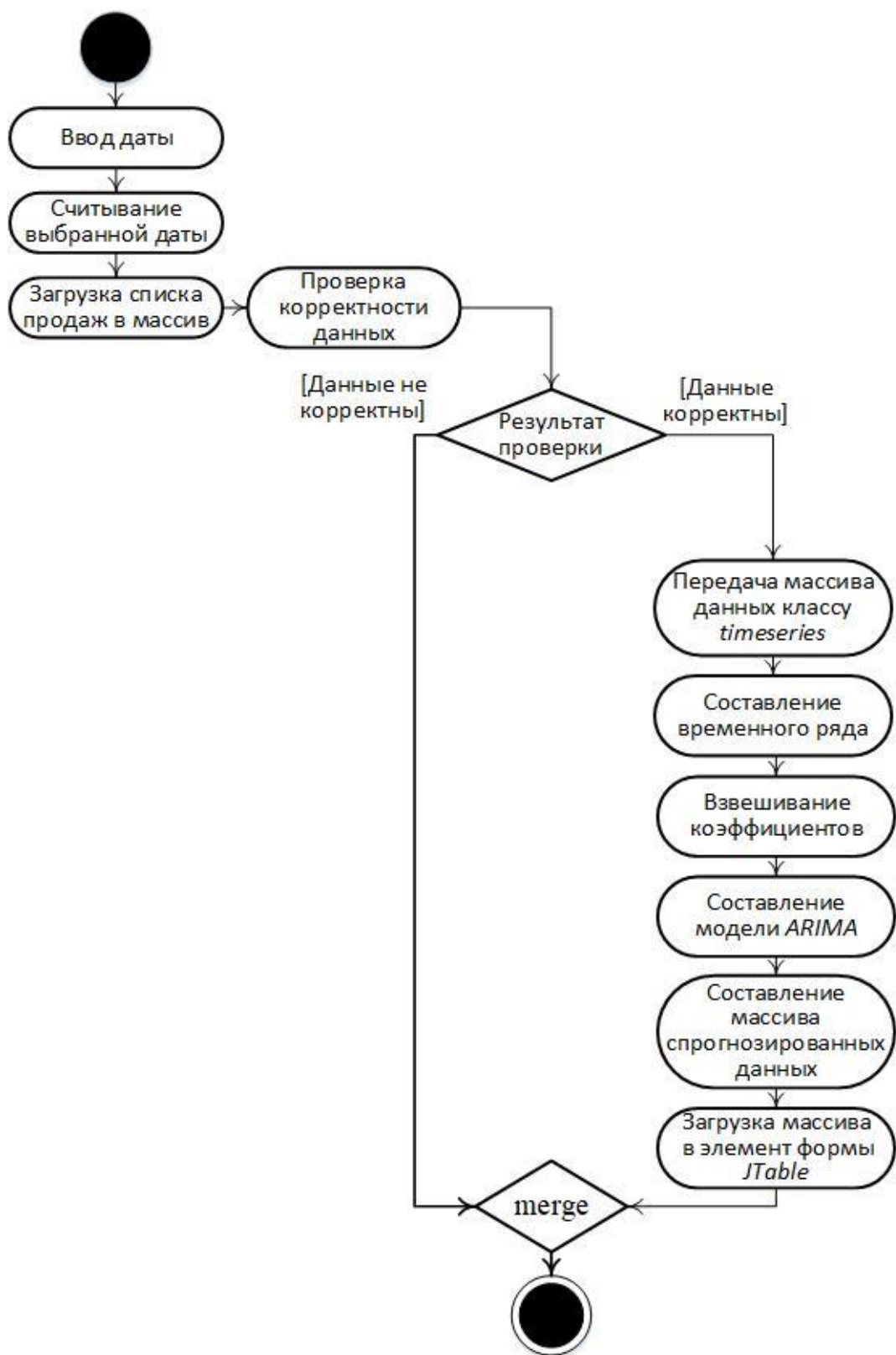


Рис. 3 – Алгоритм реализации прогнозирования

Алгоритм подробно иллюстрирует общий ход действий разрабатываемого программного продукта в ходе составления прогноза продаж на основе оперативных данных предприятия. В ходе работы данного алгоритма, происходит постро-

ение модели *ARIMA* и составление прогноза по продажам. Полученные в результате данные сохраняются в виде прогноза на сервере, что позволяет сравнить их в дальнейшем с реальными продажами.

Метод *ARIMA* является одним из наиболее точных на текущий момент методов прогнозирования временных рядов, описание которых находится в открытом доступе. Данный метод позволяет построить и обучить первичную модель прогнозирования, прогрессирующую со временем и объемом обработанной информации, что позволяет повышать точность составляемых прогнозов.

В результате проектирования была разработана информационно-аналитическая система, позволяющая полностью решить проблему предприятия, вызванную появлением большого количества излишек по причине отсутствия точно составленных прогнозов по продажам продукции. Данная информационно-аналитическая система позволила закрыть проблему появления дефицита первичного сырья, а также позволила произвести более точное распределение рабочих мощностей предприятия.

В перспективе планируется расширение системы и её интеграция с используемой на данный момент в работе предприятия системой «1С:УПП», что позволит расширить функционал в сторону учета складских запасов, а также модифицировать модель прогнозирования. Данная интеграция позволит исключить рутинные операции по передаче данных из «1С:УПП» в разрабатываемую систему.

Список цитируемой литературы

1. Панфилов А.Н., Сериков О.Н., Игнатенко А.А. О варианте построения информационной системы на платформе Java // Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XII Междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 23 декабря 2017 г., в 2-х ч. – Ч.1.–2017.– С. 116-119.
2. Широбокова С.Н., Хашиева Л.Н. Разработка информационных моделей экономических систем с использованием унифицированного языка моделирования UML: учеб. пособие/ Рост. гос. экон. ун-т «РИНХ».– Ростов н/Д, 2002.–144 с.
3. Широбокова С.Н. Использование инструментальных средств поддержки реинжиниринга бизнес-процессов : учеб. пособие / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М.И. Платова.– Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2014.– 194 с.
4. Воробьев С.П., Черноморова Т.С., Широбокова С.Н. Информационные системы и технологии: выпускная квалификационная работа : учеб. пособие для бакалавров по направлению 230400 (09.03.02) "Информационные системы и технологии" / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ).– Новочеркасск: ЮРГПУ, 2014.– 258 с.

© О.Н. Сериков, М.С. Бабеев, Д.А. Заславнов, 2018

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОКАЗАННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ

Нгуен Фук Хай, phuchauptit@gmail.com, Нгуен Тхи Тху, thunt832212@gmail.com

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

имени М.И. Платова, г.Новочеркасск

Университет Шао-До, г.Чи Линь Вьетнам

В статье проведен сравнительный анализ существующих методов оценки качества оказанных образовательных услуг. Рассмотрены способы сбора информации от потребителей, используемые для этого инструментальные средства и системы, применяемые для построения аналитических выводов. Рассмотрены различные способы использования полученных результатов исследований для принятия управленческих решений руководителями предприятий и организаций заинтересованных в повышении качества подготовки своих сотрудников.

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THE PROVIDED EDUCATIONAL SERVICES

Hau Nguyen Phuc, Thu Nguyen Thi

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

Sao Do University, Chi Linh Town, Vietnam

The article compares the existing methods of assessing the quality of educational services provided. The ways of gathering information from consumers, the tools and systems used for constructing analytical conclusions are considered. Different ways of using the obtained research results for making managerial decisions by heads of enterprises and organizations interested in improving the quality of training of their employees are considered.

Метод анализа и синтеза мнений пользователей вызывают большой интерес со стороны исследователей во всем мире. Рассмотрим основные подходы к решению проблемы агрегирования мнений, сосредоточив основное внимание на применении статистических моделей для агрегирования представлений на основе пользовательских запросов. Многие авторы подходят к синтезу представлений о различных методах, основываясь на модели машинного обучения SVM [1], с входными данными в виде сообщений в блогах. Некоторые авторы предлагают комплексный подход для оценки пользователей о продукте, демонстрируя положительное/отрицательное восприятие пользователя о характеристиках продукта [2]. В статье [3] Амитав Дас и его коллеги составили тематический подход, используя словарь Bengali Senti Word Net. В статье [4] авторы используют статистическую модель для извлечения мнения и обобщения полученных мнений, они также представили свою деятельность в соответствии с официальной оценкой ТАС 2008. Рассмотрим подробнее некоторые подходы.

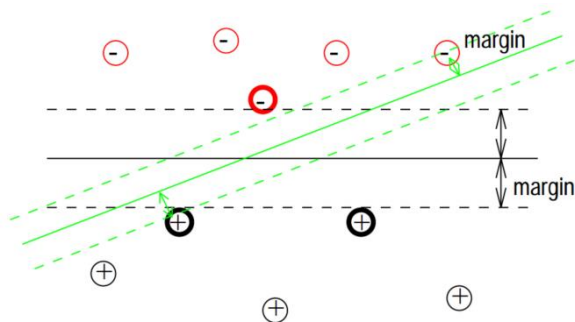


Рис. 1. Поддержка Векторных Машин (Support Vector Machines)

1. Синтетический подход с использованием обучения машин SVM (Support Vector Machines). SVM является двоичный алгоритм классификации. Дан набор точек 2 типа в N-мерной место, SVM создает (N-1) мерное hyperlane, чтобы разделить эти очки на 2 группы (positive or negative). Скажем, у вас есть какие-то точки 2 типа в документе, который линейно делимы. SVM найдете прямую линию, которая отделяет эти точки в 2 типа и расположенный как можно дальше от всех этих точек [5]. В статье [1] система CBSEAS - это «стандартная» резюме система. Им пришлось адаптировать его, чтобы справиться с конкретной задачей подведения резюме мнения. Все предложения из набора документов для подведения итогов были помечены по мнению, обнаруженному в сообщении блога, из которого они были получены. Они использовали для этой цели двух-классовый (положительный или отрицательный) классификатор SVM, прошедший обучение по обзоры фильмов.

Идея классификатора мнений состоит в том, чтобы улучшить резюме, выбирая предложения, имеющие ту же самую туманную полярность, что и запрос, которые были помечены с использованием SVM, обученного по запросам вручную помеченных из данных обучения, представленных ранее в TAC 2008.

Таблица 1. Общая оценка результатов обсуждения

Evaluation	CBSEAS	Mean	Best	Worst	Rank
Pyramid	.169	.151	.251	.101	5/20
Grammatic.	5.95	5.14	7.54	3.54	3/20
Non-redun.	6.64	5.88	7.91	4.36	4/20
Structure	3.50	2.68	3.59	2.04	2/20
Fluency	4.45	3.43	5.32	2.64	2/20
Responsiv.	2.64	2.61	5.77	1.68	8/20

Результаты, представленные здесь, - это те, что были участниками, которые не использовали фрагменты. Действительно, системы, использующие фрагменты, получили гораздо более высокие баллы, чем другие системы. Их система получила неплохие результаты по «мнимой задаче»: баллы можно найти на рисунке 1.

Однако они заметили, что качество их резюме было очень неустойчивым. Они предполагают, что это связано с длиной их резюме, так как самые длинные сводки - это те, которые получают наихудшие оценки с точки зрения пирамиды f-score (рисунок 2). Длина резюме - это отношение длины оригинальной документации. Качество резюме будет уменьшаться, в то время как количество предложений ввода увеличивается.

Решения по устранению этой проблемы могут быть следующими:

- Определите лучший результат для соответствия пользовательскому запросу и удалите предложения, которые находятся под порогом;
- Извлечь предложения из кластеров, которые содержат только predetermined количество элементов.

Это приведет к улучшению уместности извлеченных предложений. Пользователи, читающие резюме, также будут менее обеспокоены большим количеством предложений, которые предоставляет слишком длинная сводка. Поскольку задача «обобщения мнения» была оценена вручную и хорошо отражает качество сводки для оперативного использования, выводы этой оценки являются хорошими показателями качества резюме, подготовленного их системой.

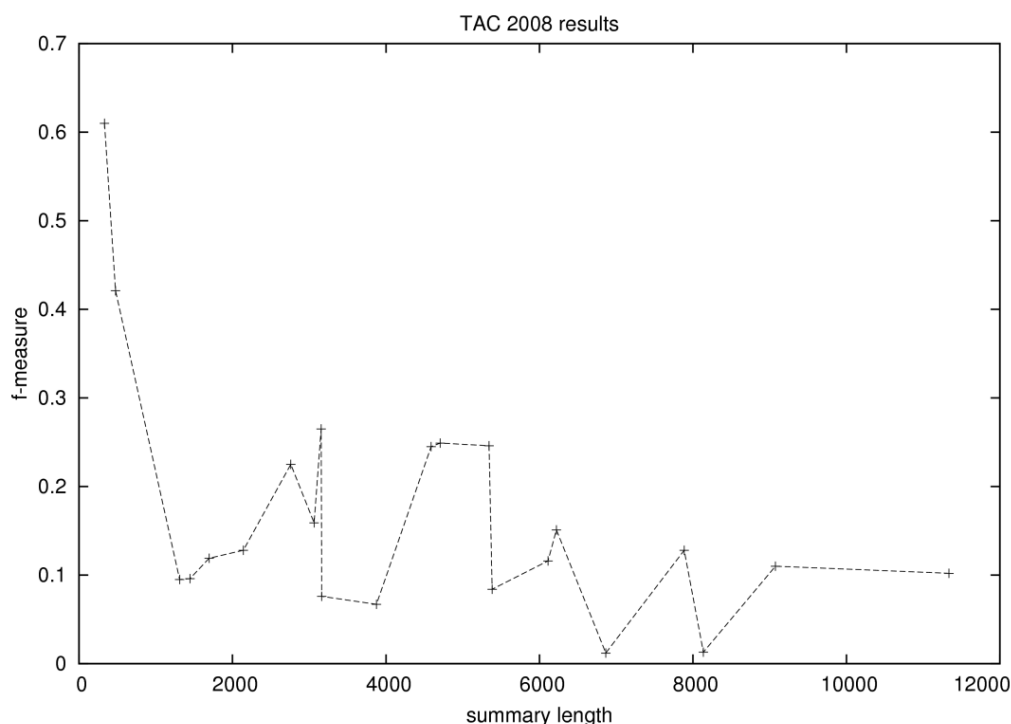


Рис. 2: Результаты задачи оценки

2. Метод суммирования пользовательской оценки об продукта, путем выполнения мнение положительное/отрицательное пользователя о характеристиках продукта.

В статье [2] по мере того, как электронная коммерция становится все более популярной, количество отзывов клиентов, которые получает продукт, быстро растет. Для популярного продукта количество отзывов может составлять сотни или даже тысячи. Это затрудняет возможность потенциального клиента читать их, чтобы принять обоснованное решение о покупке продукта. Это также мешает изготовителю продукта отслеживать и управлять мнениями клиентов. Для производителя существуют дополнительные трудности, так как многие торговые сайты могут продавать один и тот же продукт, и производитель обычно производит много видов продукции. В них стремимся добыть и обобщить все отзывы клиентов о продукте. Эта задача суммирования отличается от традиционного обобщения текста, потому что они лишь раскрывают особенности продукта, на котором клиенты высказывают свое мнение и мнения положительны или отрицательны. Они не суммируют обзоры, выбирая подмножество или переписывая некоторые из исходных предложений из обзоров, чтобы фиксировать основные моменты, как в классическом обобщении текста. Их задача выполняется в три этапа: (1) характеристики продукта для добычи, которые были прокомментированы клиентами; (2) выявление мнений в каждом обзоре и принятие решения о том, является ли каждое предложение мнения положительным или отрицательным; (3) подведение итогов.

3. Метод синтеза мнение на основе словаря Bengali Senti Word Net. В статье [3] описывается разработка системы обобщения мнений, которая работает над корпусом новостей Бенгали. Система идентифицирует информацию о настроениях в каждом документе, агрегирует их и представляет сводную информацию в

тексте. Настоящая система следует модели тематического настроя для идентификации и агрегации эмоций. Модель тематики предназначена для идентификации темы уровня дискурса, а агрегирование тем-настроев достигается посредством тематического кластеризации (к-средства) и представления реляционного графа уровня документа. Рассматриваемый реляционный график уровня документа, наконец, используется для выбора резюме кандидатов стандартными алгоритмами ранжирования страниц, используемыми в Информационном Извлечении (Information Retrieval - IR). Поскольку бенгальский язык носит ограниченный ресурс, построение аннотированного золотого стандартного корпуса и приобретение лингвистических инструментов для лексико-синтаксических (lexico-syntactic). Сообщаемая точность метода обнаружения темы составляет 83,60% точность (precision), 76,44% отзыв (recall) и 79,85% F-Измерение (F-measure). Система суммирования была оценена с точность (precision), 72,15%, отзыв (recall) 67,32% и F-Измерение (F-measure) 69,65%.

Таблица 2: Результаты идентификатора темы на основе CRF

Theme Detection	Metrics	X	Y	Z	Avg
	Precision	87.65%	85.06%	78.06%	83.60%
	Recall	80.78%	76.06%	72.46%	76.44%
	F-Score	84.07%	80.30%	75.16%	79.85%

Таблица 3: Конечные результаты идентификации субъективного предложения для сводки

Summarization	Metrics	X	Y	Z	Avg
	Precision	77.65%	67.22%	71.57%	72.15%
	Recall	68.76%	64.53%	68.68%	67.32%
	F-Score	72.94%	65.85%	70.10%	69.65%

4. Статистическая модель для совокупных комментариев. В статье [4] задача суммирования мнений ТАС 2008 заключалась в том, чтобы генерировать сводку мнений, основанных на запросах, которые присутствуют в данном сборнике блога. Поэтому совершенно очевидно, что если мы сможем собрать информацию, содержащуюся в этих блогах, то у нас будет большой набор информации, которая будет полезна пользователям. Именно здесь возникает проблема интеллектуального анализа. Эта задача также эффективно затрагивает другой аспект извлечения информации, то есть обобщение доступной информации. Сводка с запросом сосредоточена на представлении пользователю компактного ответа на то, что именно они хотят, вместо того, чтобы предоставить пользователю все документы для самостоятельного вывода.

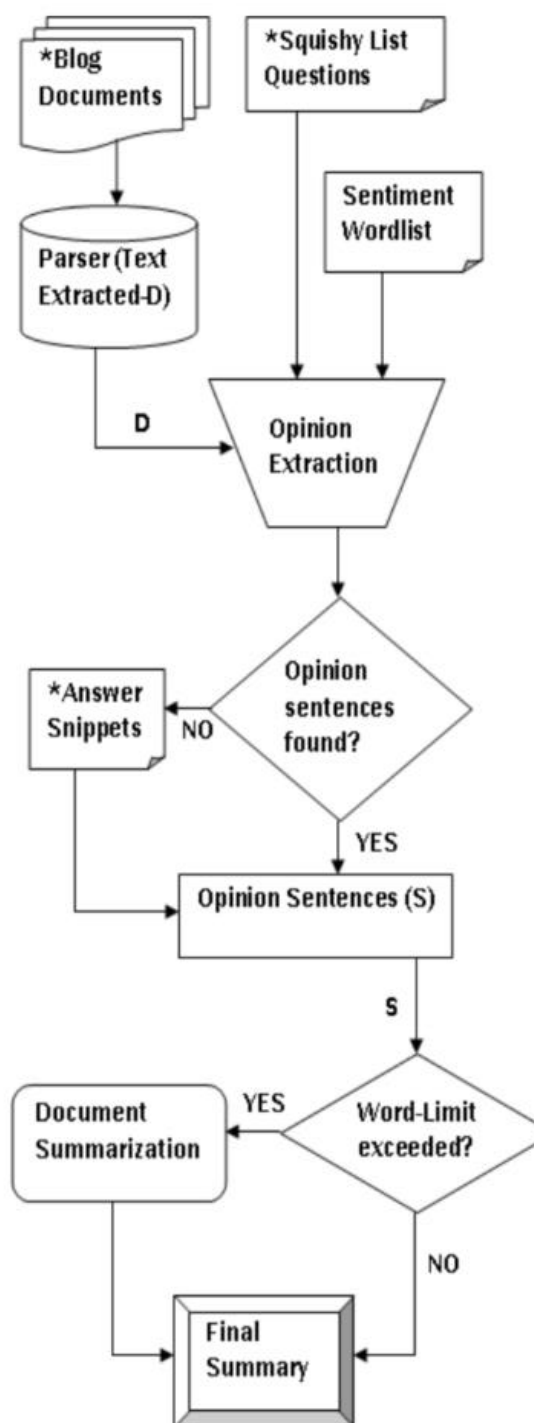


Рис. 3: Обзор системы. (* → предоставлено ТАС)

Таблица 4. Сравнительные анализ методов

Методы Применения варьируются	Синтетический подход с использованием обуче- ния машинам SVM (Support Vector Machines)	Метод суммирования пользовательской оценки продукта, путем выполнения мнения положительное/отрицательное пользователя о характеристиках продукта.	Метод синтеза мнение на основе словаря Bengali Senti Word Net	Статистическая модель для сово- купных коммен- тариев
Развертывание Формула	+	+	+	+
Применение больших объемов данных	+	+	+	+
Линейная классификация	+	-	+	-
Статистический	+	+	+	+
Извлечение данных	+	+	+	+
Анализ социальных сетей	+	+	+	+
Использование сло- варя	-	WordNet	WordNet	-
Алгоритм использо- вания	SVM	SVM	SVM	Lexrank

Список цитируемой литературы

1. CBSEAS, a Summarization System Integration of Opinion Mining Techniques to Summarize Blogs, Aurelien Bossard, Michel G ' en ' ereux ' and Thierry Poibeau
2. Mining and Summarizing Customer Reviews, Minqing Hu and Bing Liu Department of Computer Science University of Illinois at Chicago
3. Topic-Based Bengali Opinion Summarization, Amitava Das and Sivaji Bandyopadhyay, Department of Computer Science and Engineering Jadavpur University, Kolkata 700032, India
4. Statistical Model for Opinion Summarization, Sushant Kumar and Diptesh Chatterjee Department of Computer Science and Engineering Indian Institute of Technology Kharagpur India – 721302
5. Support Vector Machine (and Statistical Learning Theory), Jason Weston, NEC Labs America 4 Independence Way, Princeton, USA . jasonw@nec-labs.com
6. Mining the Peanut Gallery - Opinion Extraction and Semantic Classification, Kushal Dave, Steve Lawrence, David M. Pennock.

УДК 004.652

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КОНТИНГЕНТОМ ВУЗА

Гринченков Д.В., grindv@yandex.ru, Мургородский А.И., mai@srspu.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Проблема обеспечения комплексной информационной поддержки развития управления учебным процессом и контингентом обучающихся была и остается одной из актуальных задач информатизации вуза. Разработка современной автоматизированной информационно-аналитической системы управления большим университетом является исключительно сложной задачей, требует привлечения больших материальных и интеллектуальных ресурсов, применения самых современных информационных технологий. Особое место в таких системах занимают подсистемы связанные с управлением контингентом, это объясняется тем, что именно контингент во многом влияет на показатели эффективности вузов, используемые сегодня Министерством Образования и науки для мониторинга. Учитывая, что во многих вузах существуют программные комплексы, в той или иной степени решающие задачи, относящиеся к этой сфере их деятельности, в статье рассмотрены наиболее известные программные продукты, используемые для управления контингентом вуза. Были изучены такие программные продукты как: система «Университет» модуль СППР включающий блок формирования аналитической отчетности и блок стратегического управления и реализованный на базе платформы SAP Business Intelligence (SAP BI), автоматизированная информационно-аналитическая система (АИАС) «Управление образовательным учреждением» (АРМ Директор) информационно-внедренческого центра «АВЕРС», г. Москва; система «Параграф: Учебное заведение XXI» общества с ограниченной ответственностью «ИНИС-СОФТ», Белоруссия; система управления школой – АСУ «Школа» фирмы «Системы-Программы-Сервис», г. Москва; «Net ШКОЛА» общества с ограниченной ответственностью «РООС», г. Самара, система автоматизированного обучения и контроля знаний «Гамаюн-Инфо 1.0» и другие. Были описаны основные функциональные возможности каждого из программных продуктов, выявлены достоинства и недостатки, сфера применения, действующие

ограничения и т.п. В заключении проведен сравнительный анализ программных продуктов и обоснована актуальность новых разработок в этой сфере.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE SOFTWARE PRODUCT USED FOR THE CONTENT OF THE CONTINGENT OF THE HIGHER EDUCATION

D.V. Grinchenkov, A.I. Mirgorodsky

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

The problem of providing comprehensive information support for the development of the management of the educational process and the contingent of students was and remains one of the topical tasks of informing the university. The development of a modern automated information and analytical system for the management of a large university is an extremely difficult task, it requires attracting large material and intellectual resources, using the most up-to-date information technologies. A special place in such systems is occupied by subsystems connected with contingent management, this is explained by the fact that it is the contingent that largely influences the performance indicators of higher education institutions used today by the Ministry of Education and Science for monitoring. Given that in many universities there are software complexes, to some extent solving tasks related to this area of their activities, the article considers the most well-known software products used to manage the contingent of the university. The following software products have been studied: the "University" system, the DSS module including the analytical reporting unit and the strategic management unit and implemented on the basis of the SAP Business Intelligence platform (SAP BI), the automated information and analysis system (AISS) "Management of the educational institution" (ARM Director) of AVERS Information and Implementation Center, Moscow; system "Paragraph: Educational institution XXI" of the limited liability company "INIS-SOFT", Belarus; school management system - ACS "School" of the firm "Systems-Programs-Service", Moscow; «Net SCHOOL» of limited liability company «ROOS», Samara, automated learning and knowledge control system «Gamayun-Info 1.0» and others. The main functionality of each software product has been described, advantages and disadvantages have been revealed, scope of application, operating limitations, etc. In conclusion, a comparative analysis of software products was conducted and the relevance of new developments in this area was grounded.

УДК 004.652

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ КОНТИНГЕНТОМ ВУЗА

Гринченков Д.В., grindv@yandex.ru, Миргородский А.И., mai@srspu.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)

имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

Учитывая, что задача обеспечения комплексной информационной поддержки развития управления учебным процессом и контингентом обучающихся была и остается одной из актуальных задач информатизации вуза. Особое место в таких системах занимают подсистемы связанные с управлением контингентом, это объясняется тем, что именно контингент во многом влияет на показатели эффективности вузов, используемые сегодня Министерством Образования и науки

для мониторинга. В статье рассмотрены подходы к организации управления контингентом вузом. Выявлены основные факторы, влияющие на состояние контингента и его движение. Рассмотрены связи факторов друг с другом и степень их взаимного влияния. Обоснована необходимость наличия системы прогнозирования ситуации связанной с контингентом. Рассмотрена возможность применения когнитивного подхода для решения поставленной задачи. Построена когнитивная модель предметной области. Приведены аргументы, обосновывающие возможность применения данного подхода к моделированию.

PECULIARITIES OF APPLICATION OF COGNITIVE SIMULATION FOR SOLVING THE PROBLEMS OF MANAGEMENT OF THE CONTINGENT OF THE HIGHER EDUCATION

D.V. Grinchenkov, A.I. Mirgorodsky

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

Given that the task of providing comprehensive information support for the development of management of the educational process and the contingent of students has been and remains one of the topical tasks of informing the university. A special place in such systems is occupied by subsystems connected with contingent management, this is explained by the fact that it is the contingent that largely influences the performance indicators of higher education institutions used today by the Ministry of Education and Science for monitoring. The article considers approaches to the organization of contingent management by the university. The main factors affecting the state of the contingent and its movement are revealed. The relationships of factors with each other and the degree of their mutual influence are considered. The necessity of having a system for forecasting the situation related to the contingent is substantiated. The possibility of using the cognitive approach to solve the problem is considered. A cognitive model of the domain is constructed. The arguments substantiating the possibility of applying this approach to modeling are presented.

УДК 004.652

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ РОБОТОВ

Д.В.Гринченков, grindv@yandex.ru, Д.В. Харламов, danil778no@yandex.ru

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В статье обосновывается эффективность одного из подходов к созданию робототехнических систем, базирующего на идее прототипирования. Излагаются основные положения такого подхода и проводится сравнительный анализ подобных систем.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ROBOT PROTOTYPING SYSTEMS

D.V. Grinchenkov, D.V. Kharlamov

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

The article substantiates the effectiveness of one of the approaches to the creation of robotic systems based on the idea of prototyping. The main provisions of this approach are outlined and a comparative analysis of such systems is carried out..

Системы прототипирования роботов (СПР) служат средой предварительного проектирования при создании устройства и используются для коррекции движения, функциональных особенностей и т.п., с учетом морфологии будущего робота. Программная архитектура закладывается в систему предварительно. При необходимости ручная настройка прототипа позволит просчитать физическую гибкость сустава, подъёмную силу двигателя на один килограмм веса, ширину ходовой части платформы и т.п. СПР позволит визуализировать внешний вид устройства, а также просчитать гибкость поворотно – движительной манеры передвижения устройства.

Реализация функционально-алгоритмических систем прототипирования является неотъемлемой частью рабочего процесса создания роботов. При создании СПР учитывается предварительно собранная информация об аналогах роботизированных устройств, используемых в разных сферах деятельности. Учитывается каждая функциональная особенность будущего робота, воздействие агрессивной среды, движение по пересеченной местности, возможность взаимодействовать с другими роботизированными средствами и т.п. Большинство СПР состоят из значительного числа модулей, количество которых обычно ограничивается используемым контроллером. Стоимость такого комплекта зависит от назначения и дороговизны каждого компонента, которое может варьироваться от 1\$ - 10000\$ и более. Рассмотрим несколько наиболее известных СПР.

В ноябре 2015 года специалистами из лабораторий Disney Research и Швейцарской высшей технической школы Цюриха была представлена систему интерактивного прототипирования роботов. Система позволяет создать модель шагающего робота, для физической реализации которого необходимы будут только стандартные сервоприводы, управляющая плата и 3D-принтер. При этом система позволяет визуализировать внешний вид и манеру передвижения робота на стадии проектирования. Управляющая программа учитывает морфологию робота и позволяет полуавтоматически формировать его походку в зависимости от настроек и физического ограничения гибкости суставов [1,2]. На рисунке 1 представлен проект устройства и конструктивное решение, собранное с участием данной СПР.

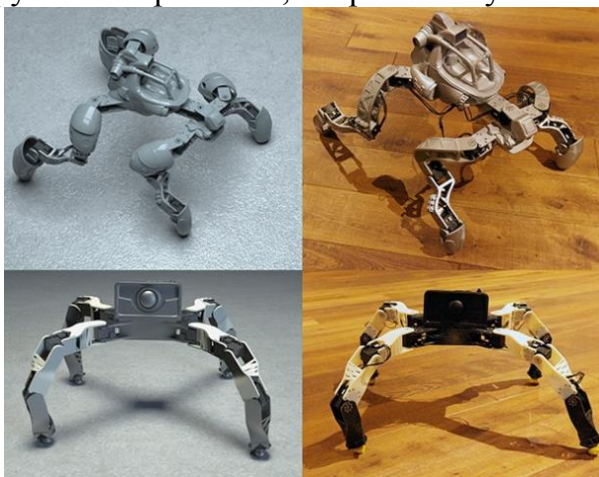


Рис. 1 – СПР лаборатории Disney Research

Использование 3D - моделирования и 3D-принтеров занимает много времени, требует специализированных навыков и является достаточно затратным,

поэтому многие разработчики СПР идут по пути использования роботизированных конструкторов, хорошим примером которого может служить LEGO Mindstorms (рисунок 2).



Рис. 2 – LEGO Mindstorms

Блочное программирование и большое число специализированных модулей позволит широкому кругу пользователей создавать прототипы будущих устройств [3,4,5]. Еще одним представителем СПР данного класса можно назвать продукт «ROBOTICS TXT Discovery set» [6] выпускаемый немецкой фирмой fischertechnik GmbH. Данная СПР представляет собой научную лабораторию из 310 элементов. На базе данного робоконструктора исследователь может собрать 11 вариаций разных моделей устройств, от машин до роботов футболистов, погрузчиков и других прототипов. Особенность данной системы заключается в конструировании роботов для решения различных задач, от простых, до сложных инженерных решений [рисунок 3]. Сравнительный анализ, рассмотренных СПР, приведен в таблице 1.



Рис. 3 – Fischertechnik ROBO TX

Таблица 1.

Название СПР	Контроллер	Архитектура программирования	Наличие конструктора	Встроенная среда 3D моделирования
Лаборатория Disney Research	Контроллер отсутствует	Возможность программирования отсутствует	Включена конструкторская часть	Включена
LEGO Mindstorms	LEGO - контроллер	Блочное программирование контроллера от производителя LEGO	Включена конструкторская часть	Отсутствует
Fischertechnik ROBO TX	Fischertechnik - контроллер	Программирование контроллера от производителя Fischertechnik ROBO TX	Включена конструкторская часть	Отсутствует

В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что задача создания собственной СПР является актуальной, а результаты ее решения будут востребованы.

Литература

1. <https://nplus1.ru/news/2015/11/10/automation>
2. <https://hitech.newsru.com/article/10Nov2015/disney>
3. <http://robot.edu54.ru/constructors/50>
4. Якушин А.В. Конструирование и программирование роботов на платформе Lego Mindstorms.pdf
5. <http://www.prorobot.ru/load/reklama-LEGO-Mindstorms-Education-EV3.pdf>
6. <http://edurobots.ru/2015/09/fischertechnik-robo-tx-elektropneumatika-obzor-konstruktora/>

УДК 004.652

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ КРИТЕРИЕВ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА НАУЧНЫХ ПРОЕКТОВ

*Гринченков Д.В. grindv@yandex.ru, Нгуен Тхи Тху, thunt832212@gmail.com,
Нгуен Фук Хау, phuchauptit@gmail.com,*

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г.Новочеркасск
Университет Шао-До, г.Чи Линь Вьетнам

Оценка качества научных проектов, не смотря на многолетний опыт работы различных фондов, выделяющих гранты на научные исследования, многочисленные целевые государственные (и не государственные) программы и т.п., которые предусматривают проведение экспертизы проектов, была и остается актуальной задачей. Если проанализировать различные публикации, посвященные этой тематике, то можно выделить несколько основных направлений, по которым развивается экспертиза: формирование ограниченного перечня критериев, по которым ведется оценка с формированием мнения эксперта по каждому из этих критериев;

формирование детализированного многоуровневого перечня критериев, с интервальной балльно-рейтинговой оценкой; принцип «от достигнутого», когда основным критерием является перечень достижений претендентов: публикационная активность, опыт реализации проектов в данной сфере, «имиджевый» рейтинг претендента в научной сфере и т.п.; формальная оценка качества документального оформления представленных на экспертизу материалов и следование формальным процедурам (особенно четко проявляется при оценке диссертационных работ) и т.п. В статье проведен системный анализ существующих критериев используемых для оценки качества научных проектов. Рассмотрены подходы, используемые в различных фондах и организациях занимающихся финансированием научных проектов основанные на применении критериев. Изучены особенности и практики, применяемые в различных странах. Изучена степень влияния различных критериев друг на друга.

SYSTEM ANALYSIS OF THE INTERDEPENDENCE OF CRITERIA USED FOR THE ASSESSMENT OF THE QUALITY OF SCIENTIFIC PROJECTS

D.V. Grinchenkov, Thu Nguyen Thi, Hau Nguyen Phuc

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk
Sao Do University, Chi Linh Town, Vietnam

Evaluation of the quality of scientific projects, despite the long-term experience of various foundations granting grants for scientific research, numerous targeted state (and non-state) programs, etc., which provide for the examination of projects, has been and remains an urgent task. If we analyze various publications devoted to this topic, we can identify several main areas for which the examination is developing: the formation of a limited list of criteria, which are evaluated with the formation of expert opinions on each of these criteria; formation of a detailed multilevel list of criteria, with an interval ball-rating rating; the principle "from what has been achieved", when the main criterion is the list of achievements of applicants: the publication activity, the experience of implementing projects in this area, the "image" rating of the applicant in the scientific field, etc. ; a formal assessment of the quality of documenting the materials submitted for examination and adherence to formal procedures (especially clearly manifested in the evaluation of dissertations), etc. The system analysis of existing criteria used to evaluate the quality of scientific projects is carried out in the article. Approaches used in various funds and organizations involved in the financing of scientific projects based on the application of criteria are considered. The features and practices applied in various countries are studied. The degree of influence of different criteria on each other was studied.

АНАЛИЗ РИСКОВ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНИКОВ

А.В. Логинов¹, e-mail: Loginov_Anatoly@mail.ru,

Д.В. Яскевич², e-mail: daniil3008@gmail.com,

А.Н. Караванский¹, e-mail: a.karavanskiy@yandex.ru,

Я.А. Поволоцкий³, e-mail: yara-nik@mail.ru,

Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко, г. Луганск

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, г. Москва

Научно-исследовательский университет ИТМО, г. Санкт-Петербург

Статья посвящена анализу рисков развития беспилотников. Стремительное увеличение количества беспилотных летательных аппаратов, появление случаев атаки самодельными беспилотниками военных объектов, легкость изготовления подобных аппаратов не в заводских условиях ставят перед исследователями задачу анализа рисков, которые появляются и могут появиться в результате развития беспилотных летательных аппаратов. Приводится классификация существующих и перспективных угроз. В статье анализируются способы уменьшения угрозы от беспилотных аппаратов.

Ключевые слова: беспилотник, угроза, развитие дронов, безопасность

ANALYSIS OF RISKS OF UNMANNED AIRCRAFTS' DEVELOPMENT

A.V. Loginov¹, D.V. Yaskevich², A.N. Karavanskiy¹, Y.A. Povolotskiy³

Luhansk Taras Shevchenko National University, Luhansk

Bauman Moscow State Technical University, Moscow

National Research University ITMO, Saint-Peterburg

This article deals with the issue of the analysis of risks of unmanned aircrafts' development. Rapid growth of drones' number, the appearance of events of military objects' attacks by unmanned aircrafts, the simplicity of making such devices in normal conditions set a task of risks' analysis. The risks arising as a consequences of unnamed aircrafts' developmet are analyzed, the classification of existing and long-range challenges is given. The ways of reduction of drones' threat are described in the article.

Keywords: unmanned aircraft, threat, drones' development, safety.

Последние годы характеризуются резким ростом количества беспилотных аппаратов, расширением сферы их использования и одновременно появлением новых сообщений в средствах массовой информации об атаках беспилотных аппаратных аппаратов на военные и гражданские объекты (примером может выступать попытка атаки беспилотниками российской военной базы в Сирии), что требует от научного сообщества анализа данной проблемы, обуславливает актуальность темы.

Тема беспилотных аппаратов нашла широкое отражение в литературе. Так, в работах [1-5] освещены вопросы истории развития беспилотников, их видов, рассмотрены перспективные направления их использования, юридические вопросы их изготовления и использования. Вопрос же комплексного анализа угроз со стороны беспилотных аппаратов и выработки комплекса мер для их нивелирования практически не освещается.

Целью статьи является анализ угроз от существующих и перспективных направлений, формирование предложений по их нейтрализации.

Авторами статьи предлагается следующая классификация угроз от беспилотных аппаратов: стратегия использования, угроза хищения злоумышленниками, использование в деструктивных (атакующих) действиях, угроза личной жизни и конфиденциальности, сбой технического характера.

Стратегия использования. Под стратегией использования мы понимаем способ взаимодействия множества беспилотников между собой (к примеру, рой беспилотников). Миниатюризация беспилотных летательных аппаратов, возможность начинения дрона взрывчаткой с одновременным использованием сотен или тысяч малоразмерных дронов полностью меняет картину боевых действий и требует уже сегодня разработки средств, которые позволят данную угрозу парировать.

Угроза хищения злоумышленниками. Поскольку беспилотные летательные аппараты являются устройствами двойного назначения и количество их все больше увеличивается, возможность хищения беспилотников с целью их переделывания из гражданских версий в военные существует и остается очень высокой.

Использование в деструктивных (атакующих) действиях. Общеизвестно, что в настоящее время беспилотный аппарат можно изготовить в кустарных условиях, легкость изготовления, высокий деструктивный потенциал подобных устройств позволяет рассматривать угрозу нанесения урона дронами как одну из основных угроз в будущем. Также необходимо учитывать, что дроном управляет человек, и данное устройство, по сути, является подвидом человеко-машинной системы. Следовательно, намеренное (или не намеренное) поведение оператора беспилотного аппарата также может нанести значительный ущерб.

Угроза личной и конфиденциальной информации. В период постиндустриального общества информация является основным товаром. Использование разведывательных беспилотных аппаратов, несанкционированная съемка местности, организации или людей вызовом для сохранения частной жизни. Особую актуальность данная угроза имеет в контексте нарастающего промышленного шпионажа.

Сбой технического характера. Беспилотный аппарат при всех своих преимуществах является механическим устройством, следовательно, в его работе возможны сбои. С учетом работы под управление программного обеспечения, то наряду с возможными техническими сбоями, добавляются возможные программные ошибки, а также появляется угроза намеренного поражения программного обеспечения. Также любой беспилотный аппарат чувствителен к электромагнитному излучению, следовательно, буря на Солнце может привести либо к выводу аппарата из строя, либо к сбоям в его работе.

В качестве возможных мер по снижению угрозы от беспилотных аппаратов можем выделить следующие:

- Законодательное регулирование вопроса использования беспилотных аппаратов;
- Добавление возможности блокировки (вывода из строя) беспилотных аппаратов для случаев, когда аппарат будет похищен (перехвачен);
- Приоритет ручного управления над искусственным интеллектом. Данный пункт мы рассматриваем для парирования угроз в будущем, когда роль искусственного интеллекта для беспилотных аппаратов резко возрастет. По нашему мнению, возможность блокировки, перехвата управления оператором должна

быть более приоритетна при несовпадении вариантов управления оператором или искусственным интеллектом.

– Развитие альтернативных средств перехвата беспилотников. Общеизвестно боевое использование дельфинов и тюленей. В последние годы появилась информация об использовании беркутов для уничтожения беспилотников (рис. 1). Мы рассматриваем данное направление как перспективное (хоть и не основное) для нивелирования угроз со стороны дронов.



Рис. 1 –Беркут захватывает беспилотный аппарат

Таким образом, можем сделать следующие выводы:

- Беспилотные летательные аппараты являются перспективным направлением науки и техники, роль которых в будущем будет только возрастать.

- В настоящее время существуют угрозы, которые возникают при использовании беспилотных летательных аппаратов, развитие беспилотных аппаратов приведет к появлению принципиально новых угроз, которые затронут не только развитие летательных аппаратов, но окажут влияние на изменение стратегии и тактики военных действий.

- Подготовка ответа на перспективные и существующие угрозы, возникающие с развитием беспилотников являются важной задачей, которая может быть решена только совместными усилиями промышленности, ученых и законодателей.

Список цитируемой литературы

7. Фокин М.С., Рязанов Н.С. Новые угрозы безопасности на транспорте // Журнал российского права. – 2017. – № 9 (249). – С. 86-96.
8. Бужинский Е.П. Приоритета развития беспилотников: от военного дела к экономике // Индекс безопасности. – 2014. – Т. 20. – № 2 (109). – С. 109-118.
9. Федосеева Н.А., Загвоздский М.В. Беспилотные летательные аппараты в оборонной промышленности // Научный журнал. – 2017. – № 9 (22). – С. 23-26.
10. Кошкин Р.П. Беспилотная авиация – новая отрасль высоких технологий // Стратегические приоритеты. – 2016. – № 1 (9). – С. 22-43.
11. Федосеева Н.А., Загвоздский М.В. Перспективные области применения беспилотных летательных аппаратов // Научный журнал. – 2017. – № 9 (22). – С. 26-29.

© А.В. Логинов, Д.В. Яскевич, А.Н. Караванский, Я.А. Поволоцкий, 2018

УДК 331.1

ИННОВАЦИОННАЯ ПОЛИТИКА В ОБЛАСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ю. С. Звягинцева, e-mail: kim-yuli@mail.ru, **Е. А. Кобец** e-mail: ekobec@sfedu.ru

Инженерно-технологическая академия ЮФУ (ИТА ЮФУ), г. Таганрог

В данной статье рассматривается перспектива развития предприятий посредством внедрения инновационной политики в области организации труда. На сегодняшний день все больше предприятий рассматривают и позиционируют персонал как самый важный инструмент для успешной деятельности, а рациональную организацию рабочего процесса и трудового взаимодействия как фактор, оказывающий положительное влияние на работу предприятия в целом. Инновационная политика в области организации труда позволит предприятиям сократить издержки и повысить производительность, что окажет непосредственное влияние на его положение в сфере рыночных отношений.

INNOVATIVE POLICY IN THE FIELD OF ORGANIZATION OF LABOR AS A FACTOR OF DEVELOPMENT OF ENTERPRISES

Y. S. Zvyagintseva, E. A. Kobets

Engineering-technological Academy of SFedU (ITA SFU), Taganrog

This article examines the prospects for the development of enterprises through the introduction of an innovative policy in the field of labor organization. Staff is certainly the most important tool for the successful operation of most enterprises, and the rational organization of the work process and labor interaction is a factor that has a positive impact on the work of the enterprise. Innovative labor policy will allow enterprises to cut costs and increase productivity, which will have a direct impact on its position in the sphere of market relations.

УДК 627.2

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПОРТОВО- ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ ЗА РУБЕЖОМ

Т.А. Иваненко, e-mail: tanechka.ivanenko@mail.ru, **А.А. Косолапова**,
e-mail: lvladama@yandex.ru, **О.Ю. Штыб**, e-mail: shtyb.ludmila@mail.ru

Южный Федеральный университет, г. Таганрог

Практика ведущих портово-промышленных комплексов мира отражает высокие социально-экономические показатели их деятельности. Но далеко не все порты являются основой формирования портово-промышленных комплексов. Это связано в первую очередь с их институциональными основами, что и является целью исследования. В ходе работы была проанализирована институциональная база функционирования портово-промышленных комплексов и показатели их социально-экономической деятельности. Во время исследования была проведена их типологизация по способу управления, форме собственности и выполняемым функциям. Процесс установления причинно-следственных связей европейских портово-промышленных комплексов позволил выявить наиболее успешную форму их функционирования.

Ключевые слова: порты Европы, портово-промышленные комплексы, институциональные основы, экономическое развитие, формы собственности.

FEATURES OF THE MANAGEMENT AND DEVELOPMENT OF PORTS AND INDUSTRIAL COMPLEXES ABROAD

T.A. Ivanenko, A.A. Kosolapova, O.Y. Shtyb

South Federal University, Taganrog

Practice leading port and industrial complexes in the world shows a high socio-economic indicator of their activities. But not all ports are the basis for the formation of the port and industrial complexes. It is connected primarily with the institutional framework of ports, which is the purpose of the study. During work were analyzed the institutional framework for the functioning of the port and industrial complexes and indicators of their socio-economic activities. While studies have been conducted their typology according to the method of control, ownership and functions. The process of establishing causal relationships in European port-industrial complexes helped to identify the most successful form of their functioning.

Keywords: European ports, port-industrial complexes, institutional foundations, economic development, forms of ownership.

В настоящее время проблема развития портово-промышленных комплексов (ППК) очень важна, так как они являются основой для развития многих отраслей промышленности, на территориях которых располагаются.

Объектом исследования в данной работе являются порты Германии, Великобритании, Франции. Эти порты рассматриваются как основа портово-промышленных образований, то есть с точки зрения их портово-промышленного потенциала. Также в работе выявлены основные показатели, влияющие на развитие портово-промышленных комплексов.

Крупные ППК Европы отличаются высокими социально-экономическими показателями, тогда как большинство обычных портов не дают такой эффективности и не создают добавленной стоимости как ППК. В связи с этим данное исследование является актуальным.

Целью данного исследования является выявление тенденций, факторов развития и управления морских портов Германии, Великобритании и Франции, способствующих развитию ППК. Для достижения указанной цели необходимо решение следующих задач:

- 1) обзор литературы по теме исследования;
- 2) определение институциональных основ (организационно-правовых форм и полномочий) развития портов;
- 3) систематизация факторов, способствующих развитию ППК.

Теория-методология.

Системный подход позволяет провести наиболее эффективное исследование портово-промышленных комплексов, благодаря тому, что систематизируется представление об исследуемом объекте.

Одним из основных свойств системного подхода является эмерджентность, то есть такое свойство, которое не присуще каждому элементу по отдельности, но свойственно их совокупности. Рассматривая социально-экономические показатели портово-промышленных комплексов как результат совокупности элементов, необходимо исследовать их во взаимосвязи с внешней средой и различными социальными системами.

В данной работе в качестве методологии исследования определена системная экономическая теория (СЭТ), которая предусмотрена для анализа экономических систем в широком смысле. СЭТ представляет собой анализ и рассмотрение взаимодействия ключевых подсистем национальной экономики [1]:

- экономической науки (средовая система: социально-экономические институты, предпринимательский климат, инфраструктура, Интернет);
- экономической политики (процессная система: логистические процессы, распространение инноваций, передача знаний);
- управления экономикой (проектная система: строительство здания, освоение производства нового вида продукции, проведение Олимпийских игр);
- хозяйственной практики (объектная система: страна, регион).

Применение СЭТ позволяет систематизировать факторы развития ППК по четырём ключевым блокам [3].

Для достижения цели данной работы - выявление факторов, способствующих развитию ППК, - необходимо структурировать о них информацию по определённым критериям, которые, в перспективе будут важны для применения зарубежного опыта в развитии российских ППК.

1. Экономическая наука (наука как основа развития ППК, институциональные основы, инфраструктурная среда)

1.1. В зарубежной печати представлено значительное количество работ различной тематики (в области логистики, производства, управления), посвященных исследованию портов. Это создаёт научную базу для развития портов как портово-промышленных комплексов. В первую очередь, рассматриваются вопросы функциональной сложности портов, эволюции, разнообразия и взаимной связности промышленных, сельскохозяйственных и городских подсистем портового города [4].

В результате изменения модели управления французскими портами (реформы 2004 г. и 2008 г.) произошла децентрализация управления: семнадцать портам был изменен статус с национального на региональный, а полномочия по их управлению были переданы департаментам. При этом, роль центрального правительства осталась значимой. Отношения между портовой администрацией и частными операторами также были изменены [5].

Исследователи портов Великобритании поднимают тему устойчивости развития портовых систем как подсистем портовых городов, имеющих множество стейкхолдеров: правительственные ведомства, операторы порта, операторы судов, импортеры, агенты и логистические фирмы. Комплексность портов приводит к усложнению взаимодействия стейкхолдеров и актуализирует проблему барьеров в коммуникациях, особенно в периоды кризисов и стихийных бедствий [6]. Таким образом исследователи отмечают необходимость участия государства, местных властей и предпринимателей в развитии ППК.

1.2. Институциональные основы развитых европейских портов, на базе которых развиваются (могут развиваться) ППК в каждой стране имеют свои отличия. В управлении экономикой Франции государство играет определяющую роль. Такое влияние объясняется произошедшим в 2008-2009 годах кризисом, когда во Франции сложился самый худший предпринимательский климат по сравнению с другими развитыми странами. Это также отразилось и на развитии портово-промышленных комплексов (наблюдался спад промышленного производства на 14%). В том числе, это сказалось на форме собственности портов, среди которых: порт Гавр является государственным, Марсель – автономным, Дюнкерк – муниципальным.

В данном исследовании из английских портов рассматривались наиболее крупные: Абердин, Иммингем и Филикстоу. Портовые комплексы Великобритании не имеют преобладающей формы собственности. В ходе работы было выяв-

лено, что их владельцами могут быть иностранные компании, являющиеся и основными инвесторами данного порта, также среди них есть и автономные порты. В Германии порты Вильгельмсхафен и Росток по форме собственности являются муниципальными.

1.3. Для развития ППК важное значение имеет наличие развитой инфраструктуры. Наиболее оснащены инфраструктурой порты Великобритании. В частности, порты Филликсстоу и Абердин, благодаря отличным железнодорожным и дорожным путям, соединены с распределительными центрами по всей Великобритании. К тому же, порт Иммингем расположен всего в 20 минутах от международного аэропорта Хамберсайт, который располагает вертолетной базой для обслуживания оффшорных отраслей. По объёму инфраструктуры портам Великобритании не очень уступают и порты Франции со своими морскими и дорожными путями. Инфраструктура во Франции одна из наиболее сложных в мире, многие порты оборудованы для контейнеровозов, имеется также сеть шоссе, реки и принадлежащая государству сеть железных дорог, которая является одной из наиболее разветвлённых и технологически передовых в мире. Не менее оснащены инфраструктурой и порты Германии. Так, причалы порта Вильгельмсхафен оборудованы современными устройствами для погрузки и разгрузки морских грузов. Интермодальный железнодорожный терминал, непосредственно примыкающий к терминальной площадке, дополнительно обеспечивает подключение к европейской железнодорожной сети.

2. Реализация экономической политики предполагает достижение и социально значимых целей. Это объясняет активное участие правительства Франции в экономике страны. По доле государственного сектора в экономике Франция опережает Германию и Великобританию.

Судя по социально-экономическим показателям европейских портов, на базе которых развиваются ППК, можно сделать вывод, что государства этих стран нацелены на развитие подобных территориально-отраслевых объектов.

3. Для эффективной деятельности любому ППК необходима соответствующая организационная структура. Порт Марсель, подобно Таллину и Роттердаму, имеет дивизиональную организационную структуру. При этом, порт управляется девелоперской компанией, то есть происходит децентрализация управления: передача полномочий от государства к компании с государственным участием.

Порт Гавр управляется государственным агентством Grand Port Maritime de Havre, созданным декретом в октябре 2008 года и заменяющим прежний «Порт – Автономный Гавр». Управляющее агентство реализовывает государственные задачи: в круг его задач входит решение административных вопросов, развитие коммерции и промышленности.

В Великобритании разные портовые комплексы управляются различными управляющими компаниями, например, порт Абердин управляется трастовой компанией «Правление Абердинского порта», которая не является частным бизнесом и не контролируется местными органами власти. Деятельность управляющей компании регулируется местным законодательством.

Немецкий порт Вильгельмсхафен управляется обществом с ограниченной ответственностью - компанией «Nord-West Oellleitung GmbH» (NWO), целью которой является повышение конкурентоспособности порта, стабильное поддержание его работоспособности, эксплуатация, хранение и перевозка топлива.

Управляющей организацией порта Росток является Hafen-Entwicklungsgesellschaft Rostock mbH, которая обладает частью компании по перевале грузов. Эта организация не управляется органами местной власти. Компания занимается улучшением инфраструктуры порта. Кроме того, в порту расположено несколько производственных предприятий, что позволяет говорить о том, что порт Росток является развивающимся портово-промышленным комплексом.

Таким образом, обзор зарубежной литературы показал актуальность темы исследования. В данной работе на основе системной экономической теории были систематизированы факторы развития портов, которые способствуют формированию портово-промышленных комплексов. Как было выявлено в ходе работы, наиболее ярко подобные факторы представлены в портах Марсель, Гавр, Абердин, Росток. Остальные проанализированные порты в меньшей степени обладают характеристиками портово-промышленных комплексов. Четвертый элемент СЭТ: «хозяйственная практика» требует более детального анализа, чему и будет посвящено следующее исследование.

Список цитируемой литературы

1. Клейнер Г.Б. Устойчивость российской экономики в зеркале системной экономической теории. Часть 1 // Вопросы экономики. 2015. № 12. С. 107—123.
2. Клейнер Г.Б. Устойчивость российской экономики в зеркале системной экономической теории. Часть 2. // Вопросы экономики. № 1, 2016, -С. 117-138.
3. Качалов Р.М., Орлова В.Г. Развитие портово-промышленных комплексов Европы: институциональный аспект. Материалы V Международной научной конференции «Институциональная экономика: развитие, преподавание, приложения» Москва: Государственный Университет Управления, 2017, С.120-123.
4. Mat N., Lopez-Ferber M., Junqua G., Cerceau J. Complexity as a means of resilience in metropolitan port areas: Application to the Aix-Marseille case study in France. 2017. Journal of Cleaner Production, Volume 145, pp. 159-171.
5. Debie J., Lacoste R., Magnan M. From national reforms to local compromises: The evolution of France's model for port management, 2004–2015. Research in Transportation Business & Management, 2017.
6. Shaw, D. R., Grainger, A., & Achuthan, K. Multi-level port resilience planning in the UK: How can information sharing be made easier? Technological Forecasting and Social Change. 2016.

© Т.А. Иваненко, А.А. Косолапова, О.Ю. Штыб, 2018

УДК 004

ФОРМАЛИЗОВАННЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОЛНОТЫ ПЛАТФОРМ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ РЕЕСТРОВ

О.А. Нараевский, e-mail: naraevkiy.oleg@mail.ru,

В.А. Евсин, e-mail: ewsin.wladimir95@gmail.com

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В данной статье приведен сравнительный анализ платформ, реализующих технологию распределённых реестров, по критерию функциональной полноты. Описаны основные концепции технологии распределённых реестров и основные функции платформ *Ethereum*, *Hyperledger*, *Corda*, *Graphene* и *Parity*. Представлены результаты оценок функциональной полноты, части функций, взаимосвязи между системами (мера подобия Жаккарда) приведённых платформ. Построены, на основе данных оценок, графы превосходства, подобия и поглощения. В результате

проведённого анализа выбраны наиболее перспективные платформы для дальнейшей разработки прикладного программного обеспечения.

Ключевые слова: анализ функциональной полноты, распределённые реестры, *Ethereum*, *Hyperledger*, *Corda*, *Graphene*, *Parity*.

FORMALIZED ANALYSIS OF THE FUNCTIONAL COMPLETENESS OF THE PLATFORMS OF DISTRIBUTED LEDGER

O.A. Naraevskiy, V.A. Evsin

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

This article provides a comparative analysis of platforms that implement the technology of distributed registries, according to the criterion of functional completeness. The basic concept of the technology of distributed registers and the main functions of the platforms *Ethereum*, and *Hyperledger*, *Corda*, *Graphene* and *Parity*. Presents the results of estimates of the functional completeness of some functions, the relationship between systems (a measure of similarity Jaccard) is given platforms. Built on the basis of these estimates, counts of superiority, equivalence and absorption. As a result of the analysis selected the most promising platforms for the further development of the application software.

Keywords: the analysis of functional completeness, distributed ledger, *Ethereum*, *Hyperledger*, *Corda*, *Graphene*, *Parity*.

В настоящее время наблюдается рост интереса к технологии распределённых реестров (англ. *Distributed Ledger Technology*, *DLT*). На практике термин «распределенный реестр» применяется как к базе данных, так и к ряду технологий, включая блокчейн (цепочка блоков транзакций). Одной из причин высокого внимания к *DLT* применительно к финансовой сфере являются ожидания, что она позволит устранить ряд проблем и ограничений, присущих применяемым в настоящий момент методам хранения, учета и передачи финансовой информации. По мнению многих экспертов, технология распределенного реестра обладает большим инновационным потенциалом в сфере платежей, клиринга, расчетов и множества других операций. Кроме этого, использование технологии распределенных реестров может способствовать радикальному изменению системы обслуживания и хранения активов, урегулирования обязательств, исполнения контрактов и управления рисками. Несмотря на большой потенциал технологии, в настоящий момент она находится на ранней стадии развития, отсутствуют устоявшиеся стандарты и типовые решения, а большинство проектов находится в статусе пилотных [1].

На сегодня существует несколько платформ, использующих технологию *DLT*, которые предназначены для решения тех или иных задач. Их можно разделить по ряду признаков таких, как публичные или закрытые, наличие смарт контрактов, алгоритму консенсуса и т.п. Именно эти признаки служат главным фактором, по которому в проектах делается выбор в сторону той или иной технологии.

Особенностью сложных программно-информационных систем является невозможность выделения одного единственного критерия качества, который бы полностью характеризовал систему, ее конструктивные и функциональные особенности. Функциональная полнота является одной из важнейших количественных характеристик [2], анализ по которой дает возможность количественно сравнить между собой информационные системы и оценить их соответствие требованиям пользователя для рационального выбора (примеры использования для различных предметных областей в [3-8]). Сравним существующие платформы, чтобы выбрать оптимальный стек для будущей разработки.

Пусть $Z = \{Z_i\}$ ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) – множество сравниваемых платформ, использующих технологию *DLT*. Платформы представлены в табл. 1. Представим перечень всех функциональных возможностей $R = \{R_j\}$ ($j = 1, 2, \dots, 28$) – это множество, составляющее словарь реализуемых системами $\{Z_i\}$ функций (табл. 2).

Таблица 1

Перечень платформ

Обозначение	Наименование продукта	Источник информации о системе (ссылка)
z_1	Ethereum	http://www.ethdocs.org
z_2	Hyperledger	https://hyperledger-fabric.readthedocs.io
z_3	Corda	https://docs.corda.net
z_4	Graphene	http://docs.bitshares.org
z_5	Parity	https://paritytech.github.io

Таблица 2

Функции платформ

Обозначение функции	Наименование функции
1	2
R_1	Разработка смарт-контрактов
R_2	Разграничение прав доступа
R_3	Создание приватного распределённого реестра
R_4	Подключение отдельных модулей
R_5	Тестовая площадка
R_6	Поддержка криптовалюты
R_7	Создание частных каналов
R_8	Поддержка сложных запросов
R_9	Создание открытого распределённого реестра
R_{10}	Поддержка майнинга
R_{11}	Поддержка высокой скорости обработки транзакций
R_{12}	Использование виртуальных машин
R_{13}	Поддержка различных алгоритмов консенсуса
R_{14}	Использование реплицируемой БД
R_{15}	Добавление сетевых узлов
R_{16}	Поддержка гибридного распределённого реестра
R_{17}	Получение технической поддержки
R_{18}	Регулировка потребления ресурсов
R_{19}	Поддержка горячего подключения нового участника сети
R_{20}	Встроенная поддержка <i>linux</i>
R_{21}	Встроенная поддержка <i>windows</i>
R_{22}	Использование контейнеров для развёртывания
R_{23}	Поддержка <i>NoSQL</i> баз данных
R_{24}	Упрощённая настройка
R_{25}	Работа с текстами соглашений (<i>legal prose</i>)
R_{26}	Поддержка генератора бизнес сетей
R_{27}	Поддержка различных языков программирования
R_{28}	Поддержка централизованного узла

Результаты оценки функциональной полноты платформ, занесём в матрицу $\{X_{ij}\}$ (табл. 3), элементы которой вычисляются по следующему правилу:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j - \text{я функция реализуется } i - \text{ой системой;} \\ 0, & \text{если не выполняется.} \end{cases}$$

Таблица 3

Результаты оценки функциональной полноты систем $\{Z_i\}$

Обозначение функции	Идентификатор информационной системы					
	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	$\sum_{i=1}^5 X_{ij}$
R_1	1	1	1	0	1	4
R_2	0	1	1	0	0	2
R_3	0	1	1	0	0	2
R_4	0	1	0	0	0	1
...	...	...	...	...	...	...
R_{15}	1	1	1	1	1	5
R_{16}	0	1	0	0	0	1
...	...	...	...	...	...	...
R_{26}	0	1	0	0	0	1
R_{27}	1	1	1	0	0	3
R_{28}	0	1	1	0	0	2
$\sum_{i=1}^{28} X_{ij}$	8	23	17	8	7	

По данным табл. 3 вычислим матрицы $P^{(01)}$, G и H . Пусть $P_{rs}^{(01)}$ – число функций, выполняемых системой Z_s , но не реализуемых в системе Z_r , то есть $P_{rs}^{(01)} = |Z_s \setminus Z_r|$ – мощность разности множества $Z_s = \{X_{sj}\}$ и $Z_i = \{X_{ij}\}$. Данные по числу мощностей разности множеств имеют следующий вид:

$$P_{rs}^{(01)} = \begin{vmatrix} 0 & 16 & 12 & 3 & 0 \\ 1 & 0 & 3 & 2 & 1 \\ 3 & 9 & 0 & 4 & 3 \\ 3 & 17 & 13 & 0 & 2 \\ 1 & 17 & 13 & 3 & 0 \end{vmatrix}$$

Расчет оценки части функций, реализуемых системой Z_s , а также исполняемых Z_r , представлен в следующем виде:

$$H_{rs} = P_{rs}^{(11)} / (P_{rs}^{(11)} + P_{rs}^{(10)}), \quad 0 \leq H_{rs} \leq 1$$

где $P_{rs}^{(11)}$ – количество процедур, выполняемых Z_r и Z_s , $P_{rs}^{(10)}$ – количество функций, выполняемых системой Z_r , но не реализуемых в системе Z_s . Согласно представленной форме расчета, оценка части функций имеет следующий вид:

$$H_{rs} = \begin{vmatrix} 1 & 0,875 & 0,625 & 0,625 & 0,875 \\ 0,304 & 1 & 0,608 & 0,260 & 0,260 \\ 0,294 & 0,823 & 1 & 0,235 & 0,235 \\ 0,625 & 0,75 & 0,5 & 1 & 0,625 \\ 1 & 0,857 & 0,571 & 0,714 & 1 \end{vmatrix}$$

Для оценки взаимосвязи между системами Z_s и Z_r используются значения $P_{rs}^{(11)}$ и $G_{rs} = P_{rs}^{(11)} / P_{rs}^{(00)}, 0 \leq G_{rs} \leq 1$, где G_{rs} – мера подобия Жаккарда; $P_{rs}^{(00)}$ – количество функций, не выполняемых Z_r и Z_s .

$$G_{rs} = \begin{vmatrix} 1 & 0,291 & 0,25 & 0,454 & 0,875 \\ 0,291 & 1 & 0,538 & 0,24 & 0,25 \\ 0,25 & 0,538 & 1 & 0,190 & 0,2 \\ 0,454 & 0,24 & 0,190 & 1 & 0,5 \\ 0,875 & 0,25 & 0,2 & 0,5 & 1 \end{vmatrix}$$

При подборе порогового значения ε элементов матриц $P^{(01)}$, G , H необходимо построить логические матрицы $P_0^{(01)}$, G_0 , H_0 . Например, элементы матрицы $P^{(01)}$ задаются следующим образом:

$$P_{ik}^0 = \begin{cases} 1, \text{ если } P_{ik}^{01} \leq \varepsilon_p \text{ и } i \neq k \\ 0, \text{ если } P_{ik}^{01} > \varepsilon_p \text{ или } i = k \end{cases}$$

Матрица G_0 формируется подбором пороговых значений ε_g , элементы данной матрицы определяются следующим образом:

$$G_{ik}^0 = \begin{cases} 1, \text{ если } G_{ik}^{01} \geq \varepsilon_g \text{ и } i \neq k \\ 0, \text{ если } G_{ik}^{01} < \varepsilon_g \text{ или } i = k \end{cases}$$

Для ранжирования систем по критерию функциональной полноты необходимо построить матрицу $P_0^{(01)}$, используя в качестве порогового значения $\varepsilon_p = 8$ и матрицу G^0 , используя $\varepsilon_g = 0,3$ в качестве порогового значения.

$$P_0^{(01)} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}, \varepsilon_p = 8; \quad G^0 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}, \varepsilon_g = 0,3.$$

Граф превосходства представлен на рис. 1. Он показывает, как и насколько выбранная и сравниваемая системы превосходят друг друга. Как видно из данного рисунка, наибольшую функциональную полноту имеет система Z_2 . Наименьшую функциональную полноту имеют системы Z_1 , Z_4 , Z_5 .

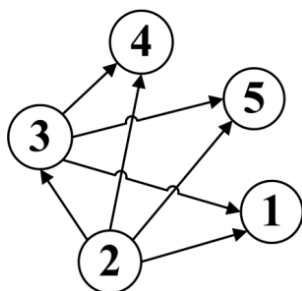


Рис. 1 – Граф превосходства при $\varepsilon_p = 10$

Граф подобия приведен на рис. 2. Как видно из данного рисунка наибольшую степень схожести имеют системы Z_2 и Z_3 , Z_1 , Z_4 и Z_5 .

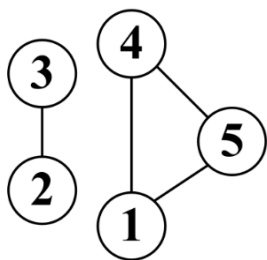


Рис. 2 – Граф подобия при $\varepsilon_p = 0,3$

Матрица поглощения получена с использованием порогового значения $\varepsilon_g = 0,7$. Элементы данной матрицы рассчитаны, согласно следующему правилу:

$$H_{ik}^0 = \begin{cases} 1, \text{ если } P_{ik}^{01} \geq \varepsilon_p \text{ и } i \neq k \\ 0, \text{ если } P_{ik}^{01} < \varepsilon_p \text{ или } i = k \end{cases}$$

На основании полученных данных матрица поглощения имеет следующий вид:

$$H_{ik}^0 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \varepsilon_g = 0,7.$$

Граф поглощения имеет вид, представленный на рис. 3. Согласно данному рисунку, наименее поглощаемыми системами оказались Z_2, Z_3 и Z_4 , наиболее поглощаемой оказалась система Z_1 и Z_5 .

Согласно произведенному анализу, наиболее перспективной альтернативой является система Z_2 .

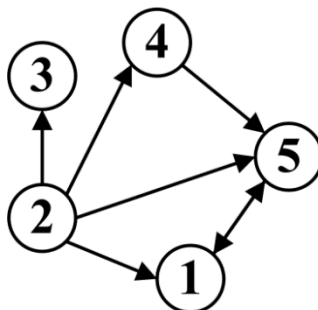


Рис. 3 – Граф поглощения при $\varepsilon_g = 0,7$

В ходе анализа представленных аналогов было выявлено, что наиболее функционально полной системой представляется платформа №2 *Hyperledger*, что видно из графа превосходства. Платформа №3 *Corda* показала меньшие результаты, а платформы №1, 4, 5 наиболее низкие показатели из-за отсутствия некоторых функций в данных системах.

Итоги данного исследования показывают наиболее функционально полные системы, выступающие в качестве инструмента для дальнейшей разработки прикладного программного обеспечения в различных предметных областях.

Список цитируемой литературы

1. Доклад для общественных консультаций «Развитие технологии распределенных реестров» [Электронный ресурс] – URL: [http://www.cbr.ru/analytics/ppc/Consultation_Paper_1712129\(2\).pdf](http://www.cbr.ru/analytics/ppc/Consultation_Paper_1712129(2).pdf) (дата обращения 11.01.2018).
2. Хубаев Г.Н. Сравнение сложных программных систем по критерию функциональной полноты // Программные продукты и системы (SOFTWARE&SYSTEMS). – 1998. – №2. – С.6-9.
3. Заславнов Д.А., Широбокова С.Н., Сериков О.Н. Формализованный анализ функциональной полноты мобильных приложений для внедрения в процесс обучения иностранному языку // Российский экономический интернет-журнал [Электронный ресурс] / ОАО "ИТКОР" – Электрон. журн. – М.: ИТКОР, 2017. – № 4. – Режим доступа: http://www.e-rej.ru/Articles/2017/Zaslavnov_Shirobokova.pdf, свободный – Загл. с экрана.
4. Широбокова С.Н., Левшина А.С. Формализованный анализ функционала информационных систем по формированию бухгалтерской отчетности в соответствии с МСФО // Теория, методы проектирования, программно-техническая платформа корпоративных информационных систем: материалы X Междунар. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 5 июня 2012 г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ(НПИ), 2012. – С.101-114.

5. Широбокова С.Н., Журба А.К., Продан Е.А., Сушкова М.С. Анализ функциональной полноты информационных систем управления приемной комиссией вуза // Наука третьего тысячелетия: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., 20 янв. 2016 г., г. Курган. – Уфа: Аэтерна, 2016. – Ч. 1. – С. 169-173.
6. Хубаев Г.Н., Велько Н.Э. Сравнительный анализ функциональной полноты информационных систем для поиска и аренды жилья // Бюллетень науки и практики. – 2017. – № 6 (19). – С. 153-158.
7. Широбокова С.Н., Ситник В.В., Барышева В.В. Сравнение информационных систем автоматизации деятельности туристических агентств по критерию функциональной полноты // Современные аспекты экономики.– 2015.– № 11 (219).– С. 70-77.
8. Широбокова С.Н., Кургина В.В. Формализованный анализ функциональной полноты информационных систем для учета товаров и услуг // Современные технологии в мировом научном пространстве: Сб. статей Междунар. науч.-практ. конф., 25 января 2016г., г.Томск, в 3ч.– Ч.2.– Уфа: Аэтерна, 2016.– С. 86-91.

© О.А. Нараевский, В.А. Евсин, 2018

Научное издание

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ, ТЕОРИЯ, МЕТОДЫ
И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, КОНТРОЛЯ И
ДИАГНОСТИКИ**

19-я Международная молодежная научно-практическая конференция

Издается в авторской редакции

Подписано в печать 20.02.2018 г.
Формат 60х84 1/16. Усл. печ. л. 25,1. Тираж 300 экз. Заказ 47-6675.

Южно-Российский государственный политехнический
университет (НПИ) имени М.И. Платова
Адрес университета:
346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132.

Издательство Лик
346430, г. Новочеркасск, пр. Платовский 82 Е
тел: 8(8635) 226-442, 8-952-603-0-609

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе «Колорит»
346430, г. Новочеркасск, пр. Платовский 82 Е
тел: 8(8635) 226-442, 8-918-518-04-29, center-op@mail.ru